



Facultad de Ingeniería

**“Diseño e implementación de un sistema  
generador de códigos promocionales con  
tecnología inkjet, plc y aplicador de  
etiquetas”**

Autor: Diana Serna Herrera

**Para obtener el Título Profesional de Ingeniero  
Electrónico**

Lima – Perú  
2017

## **DEDICATORIA**

*A mis padres quienes me han brindado su apoyo incondicional en todo momento  
de mi formación profesional y personal.*

*A mis profesores quienes con su dedicación formaron parte de mi desarrollo  
académico.*

*A los interesados en conocer nuevas tecnologías para que desde el presente  
trabajo sirva como inspiración para futuras investigaciones para la elaboración de  
códigos promocionales con el uso de equipos de alta tecnología.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre, quien a lo largo de mi carrera me brindó su apoyo, ánimos, paciencia, encaminándome a siempre conseguir mis metas e impulsándome a seguir creciendo en lo profesional y personal.

A la empresa DSH y amigos por haberme brindado su confianza y todas las facilidades para desarrollar este proyecto.

## RESUMEN

El presente informe abarca el diseño e implementación de un sistema generador de códigos promocionales con tecnología inkjet, controlador lógico programable y aplicador de etiquetas en una empresa manufacturera. En el Área de Enrollado de forros de plásticos se encuentra instalada una máquina de envasado tipo Flow Pack con una producción de 180 paquetes de forro de plástico por minuto. En la máquina se envasa distintas presentaciones de forro de plástico. Al mismo tiempo, el Área de Publicidad y Marketing, encargada de campañas de promocionales, desea diseñar y ejecutar una promoción de venta para la campaña del 2016, sin embargo, el área no cuenta con los equipos o sistemas suficientes para lograrlo.

Entre sus conclusiones destacan que es posible desarrollar sistemas de generación de códigos promocionales en empresas peruanas diseñando, seleccionando e implementando tecnologías actuales y utilizando herramientas de ingeniería electrónica. Por último, el informe es clasificado como una investigación aplicada por su carácter científico y tecnológico.

**Palabras claves:** códigos promocionales, impresión por inyección de tinta, aplicador de etiquetas.

## **ABSTRACT**

The present report covers the design and implementation of a system of promotion codes with inkjet technology, the programmable logic controller and applying label in a manufacturing firm. In the packaged area is installed a packaging machine Type-flow with a production of 180 plastic packs per minute. Several plastic liner presentations are developed. At the same time, the Advertising and Marketing Area, in charge of promotional campaigns, needs to design a marketing promotion the 2016 campaign, however, the area does not account for the equipment and technology systems available for this promotion.

Among their results, it is possible to develop systems for generating promotional codes in a Peruvian Firm by designing, selecting and implementing current technologies and using electronic engineering tools. Finally, the report is classified as an applied research due to its scientific and technological character.

**Keywords: promotional codes, inkjet printing, label applicator and programmable logic controller.**

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	XIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES	3
1.1 Definición del problema .....	4
1.1.1 Descripción del problema.....	4
1.1.2 Formulación del problema.....	6
1.2 Definición de Objetivos .....	6
1.2.1 Objetivo General: .....	7
1.2.2 Objetivos Específicos:.....	7
1.2.3 Alcance y limitaciones.....	7
1.2.4 Justificación .....	8
1.2.5 Estado del Arte. ....	10
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	11
2.1 Sistemas de Codificación.....	11

2.2.1 Definición.....	11
2.2.2 Aplicaciones.....	12
2.2.3 Tipos de Sistemas de Codificación.....	15
2.2.3.1 Láser.....	16
2.2.3.2 TTO.....	18
2.2.3.3 Inkjet.....	20
2.2.3.4 Codificación con Etiquetas.....	20
2.3 Sistemas de Codificación Inkjet.....	21
2.3.1 Definición.....	21
2.3.2 Principio de Funcionamiento.....	23
2.3.3 Insumos.....	25
2.3.4 Dispositivos Electrónicos.....	27
2.4 Aplicadores de Etiquetas.....	36
2.4.1 Definición.....	36
2.4.2 Tipos de Aplicadores de Etiquetas.....	36
CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	40
3.1.1 Selección del insumo.....	46
3.1.2 Selección del codificador inkjet.....	47
3.1.3 Selección del cabezal.....	49
3.1.4 Selección del sensor.....	50
3.1.5 Configuración.....	51

3.2 Diseño del Sistema Aplicador de Etiquetas (SAE).....	56
3.2.1 Selección de las etiquetas. ....	57
3.2.2 Selección del Aplicador de Etiquetas.....	59
3.2.3 Selección del sensor.....	62
3.3 Diseño del Sistema de Control Central (SCC). ....	62
3.3.1 Selección del Controlador Lógico Programable.....	62
3.3.2 Selección del Panel HMI.....	66
3.3.3 Algoritmo de Programación. ....	67
3.3.4 Configuración del Panel HMI. ....	68
3.3.5 Programación Ladder del Controlador Lógico Programable. ....	71
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	78
4.1 Resultados.....	78
4.2 Presupuesto.....	83
4.3 Cronograma.....	85
CONCLUSIONES	86
GLOSARIO	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXOS	90



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Codificación en Plantas Embotelladoras. ....	12
Figura 2. Codificación en Huevos.....	13
Figura 3. Codificación Cables Eléctricos .....	13
Figura 4. Codificación de cajas. ....	14
Figura 5. Codificación en Envases de Alimentos. ....	14
Figura 6. Codificación por láser CO2. ....	17
Figura 7. Codificación Láser Fibra Óptica. ....	18
Figura 8. Proceso de impresión Termo Transferencia. ....	19
Figura 9. Codificación TTO.....	19
Figura 10. Codificación inkjet. ....	20
Figura 11. Codificación con etiquetas. ....	21
Figura 12. Gotas en Codificación inkjet CIJ.....	23
Figura 13. Componentes del Cabezal Codificador Inkjet CIJ. ....	25
Figura 14. Dispositivos eléctricos de un Sistema de codificación Inkjet. ....	28
Figura 15. Sensor Fotoeléctrico de barrera de luz. ....	29
Figura 16. Reflexión sobre espejo.....	30
Figura 17. Reflexión sobre objeto.....	31
Figura 18. Encoder.....	32
Figura 19. PLC de estructura compacta. ....	34
Figura 20. PLC de estructura modular. ....	35
Figura 21. Baliza Luminosa de cuatro estados.....	35
Figura 22. Aplicador de etiquetas en cajas.....	36

Figura 23. Aplicador Wipe-on. ....	37
Figura 24. Aplicador tipo tamp-pad. ....	38
Figura 25. Aplicador Corner Wrap. ....	38
Figura 26. Aplicador roller. ....	39
Figura 27. Máquina Envasadora Flow Pack. ....	40
Figura 28. Sistemas del Generador de Códigos Promocionales. ....	42
Figura 29. Elementos del Sistema Generador de Códigos Promocionales. ....	43
Figura 30. Formato de los códigos promocionales. ....	43
Figura 31. Procedimiento para la selección de un sistema de codificación. ....	45
Figura 32. Codificador inkjet A300. ....	48
Figura 33. Cabezal del Codificador A300. ....	49
Figura 34. Sensor Fotoeléctrico. ....	50
Figura 35. Formato de Impresión en Codificador Inkjet. ....	51
Figura 36. Ventana de configuración del A300. ....	52
Figura 37. Ajuste del sensor externo del A300. ....	52
Figura 38. Contador izquierdo y derecho. ....	52
Figura 39. Nueva serie del contador izquierdo del A300. ....	53
Figura 40. Configuración del paso del contador izquierdo del A300. ....	54
Figura 41. Configuración del prefijo del contador izquierdo del A300. ....	54
Figura 42. Configuración de valor inicial del contador izquierdo del A300. ....	54
Figura 43. Contador izquierdo terminado del A300. ....	54
Figura 44. Nueva serie del contador derecho del A300. ....	55
Figura 45. Configuración del paso del contador derecho del A300. ....	55
Figura 46. Configuración del sufijo del contador izquierdo del A300. ....	55
Figura 47. Configuración del formato terminado en A300. ....	56

Figura 48. Procedimiento para la selección de un sistema de codificación inkjet.	57
Figura 49. Diseño de la etiqueta para promoción.	58
Figura 50. Velocidad de línea de producción en la bobina de film BOPP.	60
Figura 51. Controlador Lógico Programable DL05.	64
Figura 52. Módulo de señales rápidas H0-CTRIO2.	65
Figura 53. Panel HMI EA1-S3ML-N.	66
Figura 54. Diagrama de Flujo.	69
Figura 55. Configuración de Panel HMI.	70
Figura 56. Configuración de entradas y salidas rápidas.	72
Figura 57. Programación Ladder Rama 1: first scan.	73
Figura 58. Programación Ladder Rama 2: botón reset.	73
Figura 59. Programación Ladder Rama 3: botón pausa.	73
Figura 60. Programación Ladder Rama 4: memoria V4004.	74
Figura 61. Programación Ladder Rama 5 y 6: boton inicio.	74
Figura 62. Programación Ladder Rama 7, 8 y 9: at reset value.	75
Figura 63. Programación Ladder Rama 10 y 11: señales rápidas.	75
Figura 64. Programación Ladder Rama 12 y 13: cuenta total.	75
Figura 65. Programación Ladder Rama 14, 15, 16, 17 y 18: resetear cuenta.	76
Figura 66. Programación Ladder Rama 19 y 20: pausar cuenta.	76
Figura 67. Programación Ladder Rama 21: Fin del programa.	77
Figura 68. Instalación de los sistemas a la máquina Fripack.	78
Figura 69. Ingreso de la Cantidad Total por parte del operario.	79
Figura 70. Impresión de los códigos promocionales.	79
Figura 71. Rotura del film de plástico BOPP.	80

Figura 72. Impresión no legible. ....	80
Figura 73. Atascamiento de los forros de plástico.....	81
Figura 74. Desalineamiento vertical de la impresión. ....	81
Figura 75. Desalineamiento horizontal de la impresión. ....	82
Figura 76. Falta de Etiqueta Promocional. ....	82
Figura 77. Desfase de Etiqueta Promocional. ....	83
Figura 78. Cronograma en Diagrama Gantt. ....	85

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tintas utilizadas en la codificación CIJ.....	27
Tabla 2. Características insumo IR845BK.....	47
Tabla 3. Características técnicas del codificador inkjet A300.....	48
Tabla 4. Características del Sensor Fotoeléctrico.....	50
Tabla 5. Características de la etiqueta del SAE.....	58
Tabla 6. Características del aplicador de etiqueta.....	61
Tabla 7. Características del PLC DLO05.....	64
Tabla 8. Características del módulo de señales rápidas H0-CTRIO2.....	66
Tabla 9. Memorias de estado del Módulo de Señales Rápidas.....	72
Tabla 10. Presupuesto del proyecto.....	84

## INTRODUCCIÓN

El presente informe abarca el diseño e implementación de un sistema generador de códigos promocionales con tecnología inkjet, controlador lógico programable y aplicador de etiquetas en una empresa manufacturera teniendo en cuenta antecedentes de investigaciones pasadas desarrolladas en otras universidades. En una de las áreas de producción se encuentra instalada una máquina de envasado a una velocidad de 180 productos por minuto. Al mismo tiempo el área encargada de las campañas de promocionales desea diseñar y ejecutar una promoción de venta para la campaña del 2016 que pueda generar códigos promocionales, sin embargo, el área no cuenta con los equipos o sistemas suficientes para lograrlo.

Es por ello, que este informe se centra en resolver el problema de la falta de un sistema generador de códigos promocionales y equipos especiales para realizarlos en la empresa DSH y se plantea la siguiente interrogante ¿Cómo es el diseño e implementación de un sistema generación de códigos promocionales con tecnología inkjet, controlador lógico programable y aplicador de etiquetas en una empresa manufacturera peruana?

Con respecto a las fuentes de información, el informe utiliza fuentes primarias como libros, artículos y tesis, y fuentes de información institucionales que ofrecen datos sobre su funcionamiento y su organización como es el caso de las empresas que se mencionan en este informe.

Con respecto a los alcances y limitaciones, en el informe se describe el diseño utilizando tecnología inkjet Domino “A300” con insumo “IR845bk” para la generación de dichos códigos y un aplicador de etiquetas aluminizadas con la publicidad de la promoción de venta de modelo “AutoLabe 3101”. Los códigos promocionales y etiquetas se colocan sobre un film de plástico BOPP de 130mm de ancho que se mueve en una máquina envasadora de tipo flow pack para empacar un forro de plástico VINIFAN. Adicionalmente, se agrega una pantalla HMI de 3.1 pulgadas de modelo y marca: “EA1-S3ML-N Automation Direct” para el ingreso del número de paquetes a codificar. Este mismo se conecta a un controlador lógico programable de modelo y marca: “DL05 Automation Direct” donde se almacena el algoritmo de programación. Este proyecto tiene la limitación por el tiempo de asignado para su solución y la disponibilidad del Área de Producción para realizar las pruebas. Por último, el informe es clasificado como una investigación aplicada por su carácter científico y tecnológico.

## **CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES**

Cada año, los consumidores cambian sus hábitos de consumo en gracias a los innumerables estímulos e incentivos que a diario reciben a través de diversos medios de comunicación o promociones de ventas.

Las empresas distribuidoras o manufactureras que ofrecen diferentes promociones de ventas ocupan parte de sus limitados recursos con el fin de tentar al cliente a comprar sus productos. Estudios indican que en promedio las empresas destinan cerca del 50% de su gasto de marketing a promociones de venta destinadas a la industria y a los consumidores (Montoya, Vásquez, 2015). En este sentido, las promociones se convierten en la herramienta más ventajosa para aumentar las ventas e influir positivamente y directamente sobre las utilidades de la empresa. De acuerdo con Echevarría (2011) entre estos instrumentos se encuentran la promoción entre consumidores (muestras gratuitas, cupones, reembolso de dinero, ofertas especiales, paquetes, torneos, demostraciones y estampillas de intercambio), promociones comerciales (descuentos por bonificación, obsequio de mercancía, rebaja, publicidad, objetos gratuitos y competencias entre distribuidores) y promoción para la fuerza de ventas (incentivos, competencias y reuniones de ventas). Otra clasificación es propuesta por Shneider y Currim (1991), las cuales son las promociones de ventas activas y pasivas. Las primeras exigen al consumidor que realicen una serie de actividades, físicas y psicológicas, previas a la utilización de la misma tal como recortar el cupón, guardarlo hasta que sea necesario usarlo, asociarlo a



algún producto a comprar o ingresar a una página web para insertar el código de promoción. Por otro lado, las promociones de ventas pasivas son aquellas promociones que incitan un esfuerzo que está limitado al entorno de la tienda como por ejemplo los stands o exhibidores que se encuentran dentro de locales comerciales.

A partir de esto, la presente investigación se enfoca en el diseño, selección y desarrollo de un sistema generador de códigos promocionales con tecnologías de codificación para una empresa manufacturera peruana que quiere implementar una promoción de venta de tipo comercial y activa. Es una promoción comercial de tipo “objetos gratuitos” porque tiene el objetivo de obsequiar packs de útiles escolares o dinero en efectivo. Además, es una promoción activa porque exige que el consumidor ingrese el código promocional en una página web para obtener dichos objetos.

## **1.1 Definición del problema**

### **1.1.1 Descripción del problema**

La empresa manufacturera peruana del sector plástico DSH, cuenta con una variedad de marcas en su portafolio de productos de plástico como el forro de cuadernos de marca VINIFAN y pelotas de marca VINIBALL. En la actualidad se ubica dentro de las empresas con participación en el mercado nacional e internacional contando con dos plantas de producción a nivel nacional.

En el Área de Enrollado de forros de plásticos se encuentra instalada una máquina de envasado tipo Flow Pack con una producción de 180 paquetes de forro de plástico por minuto. En la máquina se envasa distintas presentaciones de forro de plástico. Al mismo tiempo, el Área de Publicidad y Marketing, encargada de campañas de promocionales, desea diseñar y ejecutar una promoción de venta para la campaña del 2016, sin embargo, el problema es la ausencia de los equipos o sistemas suficientes para lograr generar los códigos promocionales que cuenta con las siguientes características:

- Las promociones de venta son para los paquetes de forro de plástico de la marca VINIFAN (producto principal de la empresa).
- La publicidad de la promoción se debe mostrar en el anverso del paquete de forro de plástico.
- La promoción de venta se basa en códigos promocionales de 9 caracteres impresos en el reverso de los paquetes de forro de plástico.
- Los consumidores podrán ingresar los códigos promocionales para ser acreedores a los premios publicitados por la empresa.
- La promoción de venta es válida solo para un determinado número de paquetes que varía según los cálculos del Área de Ventas.
- Los códigos promocionales deben ser los menos predecibles posibles y con nulas probabilidades de repetición.

Este proyecto se centra en resolver el problema de la falta de un sistema generador de códigos promocionales y equipos especiales para realizarlos en la empresa DSH. Se pretende utilizar tecnología inkjet para la generación de los

códigos promocionales de 9 caracteres, controlador lógico programable y un aplicador de etiquetas para la publicidad de la promoción de venta.

### **1.1.2 Formulación del problema.**

#### Problema General

¿Cómo es el diseño e implementación de un sistema generación de códigos promocionales con tecnología inkjet, controlador lógico programable y aplicador de etiquetas en una empresa manufacturera peruana?

#### Problemas Específicos

¿Cómo es la selección de la codificadora con tecnología inkjet para la generación de códigos promocionales que cumplan que sean menos predecibles?

¿Cómo es la selección del aplicador de etiquetas para la aplicación de las etiquetas promocionales?

¿Cómo es la selección y programación de un controlador lógico programable para el control de la cantidad de impresión de los códigos promocionales?

### **1.2 Definición de Objetivos**

Para la consecución de la idea principal de este Informe de Suficiencia Profesional se proponen los siguientes objetivos, que al ser alcanzados, constituirán las principales aportaciones de este trabajo.

### **1.2.1 Objetivo General:**

Diseñar e implementar un sistema generador de códigos promocionales con tecnología inkjet, controlador lógico programable y aplicador de etiquetas en una empresa manufacturera peruana.

### **1.2.2 Objetivos Específicos:**

- Realizar un estudio teórico de la tecnología inkjet y aplicadores de etiquetas.
- Selección de la codificadora con tecnología inkjet para la generación de códigos promocionales para que sean menos predecibles.
- Selección del aplicador de etiquetas para la aplicación de las etiquetas promocionales.
- Selección y programación de un controlador lógico programable para el control de la cantidad de impresión de los códigos promocionales.

### **1.2.3 Alcance y limitaciones**

#### Alcances

Se pretende diseñar un sistema generador de códigos promocionales utilizando tecnología inkjet de modelo y marca: “A300 Domino” con insumo “IR845bk” para la generación de dichos códigos y un aplicador de etiquetas aluminizadas con la publicidad de la promoción de venta de modelo y marca: “AutoLabel 3101”. Ambos se colocan sobre un film de plástico BOPP de 130mm de ancho que se

mueve en una máquina envasadora de tipo flow pack para empacar un forro de plástico VINIFAN. Adicionalmente, se agrega una pantalla HMI de 3.1 pulgadas de modelo y marca: “EA1-S3ML-N Automation Direct” para el ingreso del número de paquetes a codificar. Este mismo se conecta a un controlador lógico programable de modelo y marca: “DL05 Automation Direct” donde se almacena el algoritmo de programación.

### Limitaciones

El tiempo designado por el Área de Marketing para la entrega de la solución.

El tiempo de pruebas esta sujeta a la disponibilidad del Área de Producción.

Se tiene que adecuar el diseño de este sistema a las tecnologías disponibles en el mercado.

#### **1.2.4 Justificación**

La importancia del presente trabajo radica en la propuesta de un sistema tecnológico para que las Áreas de Marketing que puedan realizar promociones de ventas de sus productos en sus campañas anuales o según demanda del mercado. Por otro lado, la ejecución del presente trabajo es un aporte que se desarrolla en la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de Sistemas y Electrónica de la Universidad Tecnológica del Perú. Este informe permitirá ampliar conocimientos de diseño y selección de equipos de codificación.

Así es como, el proyecto se justifica por los siguientes aspectos:

- a. **Naturaleza:** la naturaleza del proyecto es la automatización y programación. Se justifica porque es una aplicación vigente.
- b. **Magnitud:** el proyecto cubrirá la necesidad del Área de Marketing de la empresa DSH. Se justifica la investigación por su magnitud en el Área de Empaquetado y en todas las empresas que cuenten con las aplicaciones similares.
- c. **Vulnerabilidad:** el proyecto no desarrolla la selección e implementación de una base de datos de códigos promocionales y la conexión del PLC a la red local de la empresa. Por lo tanto, la vulnerabilidad de este proyecto se justifica por lo mencionado que pueden servir como base para futuras investigaciones.
- d. **Practica Organizacional:** se justifica porque es capaz de adaptarse a cualquier requerimiento de una línea de producción para la codificación de códigos promocionales.
- e. **Trascendencia:** se estima que el proyecto tendrá una vigencia aproximada de siete años en relación al ciclo de vida estimado de los equipos electrónicos y el avance de la tecnología.

- f. **Economía:** la investigación tendrá una repercusión en la economía de la empresa DSH por ser parte de un valor agregado en las campañas de marketing.

### 1.2.5 Estado del Arte.

Múltiples instituciones científicas nacionales e internacionales han venido desarrollando proyectos e investigaciones afines al informe propuesto. Podemos citar los siguientes trabajos de investigación:

- Rodríguez, Isaí (2011): Metodología para reducir tiempos de paro para una línea de producción de etiquetas. Tesis de Maestría. Instituto Politecnico Nacional, Mexico.
- Zamarro, Eduardo (2007): La tecnología de inyección de tinta como herramienta para la práctica artística. Tesis de Doctorado. Universidad Complutense de Madrid, España.
- Collaguazo, Luis (2010): Como aplicar los sistemas de impresión de acuerdo a las diferentes marcas de plotters”. Tesis de Pregrado. Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Corral, Cesareo (2007): Análisis de Ventas y Promociones de artículos de alimentación en establecimientos de menudeo. Tesis de Maestría. Atlantic International University, Mexico.
- Riós Liliana (2014): El fenómeno de los cupones de descuento. Tesis de pregrado. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Sistemas de Codificación.**

#### **2.2.1 Definición.**

En la actualidad se hace necesario profundizar en la automatización de la trazabilidad durante los procesos de recepción, almacenamiento, procesado y expedición, así como hacerlo utilizando un lenguaje común entre proveedores y distribuidores, transportistas, operadores logísticos, y demás agentes de la cadena logística alimentaria.

La utilización de prácticas como el sistema de codificación es una oportunidad para avanzar en este sentido. El etiquetado de los productos alimentarios y sus agrupaciones mediante códigos de barras estándar, además de permitir la automatización de los procesos anteriormente citados, hace posible el conocimiento de la trayectoria y la ubicación de los productos mediante una lectura automática de códigos de barras, es decir, es una herramienta de ayuda para el mantenimiento de la trazabilidad en la cadena de suministro.

Un código es un número que identifica a un artículo comercial de una manera única y no ambigua. Un artículo comercial es cualquier producto sobre el cual existe la necesidad de obtener información predefinida y al cual se le puede fijar un precio, y ordenar y facturar para su comercio entre los participantes de la cadena de abastecimiento. La información contenida en los códigos pueden ser:



- Fechas de vencimiento de productos.
- Lote de Producción.
- Nombre del Empresa.
- Nombre de producto.
- País de procedencia.
- Otras características.

### **2.2.2 Aplicaciones.**

A continuación, se describe las aplicaciones de los sistemas de codificación en diferentes plantas industriales:

#### Plantas Embotelladoras

Se tiene de a colocar el código de trazabilidad en la superficie de las botellas de plástico o vidrio según correspondan, tal como se muestra en la Figura 1. Se trata de una aplicación especial ya que se requiere la mayor velocidad y la mejor protección ambiental.

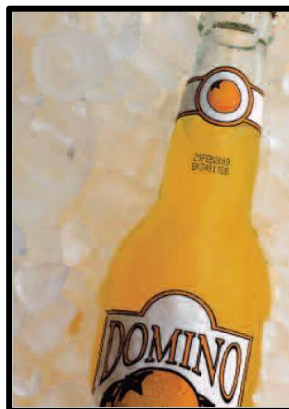


Figura 1. Codificación en Plantas Embotelladoras.

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

## Producción de Huevos

Se tiende a colocar el código de trazabilidad en la cascara de los huevos tal como se muestra en la Figura 2. En algunas campañas de marketing se han pretendido colocar logotipos o publicidad sobre las cascara, estas se realizaron con los mismos equipos de codificación.



Figura 2. Codificación en Huevos.

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

## Plantas de Conductores Eléctricos

Se tiene de a colocar el código de trazabilidad en el revestimiento aislante de los cables eléctricos tal como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Codificación Cables Eléctricos

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

### Plantas de Elaboración de Empaques de Cartón

En cajas, se tiene de a colocar el código de trazabilidad en caras posteriores de las cajas tal como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Codificación de cajas.

Fuente: [www.foxjet.com](http://www.foxjet.com)

### Plantas Envasadora de Alimentos

Se tiene de a colocar el código de trazabilidad en film de los envases de alimentos tal como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Codificación en Envases de Alimentos.

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

### **2.2.3 Tipos de Sistemas de Codificación.**

Existen diferentes tecnologías de codificación en las industrias. Estas son seleccionadas según los siguientes criterios: empaque de producto a codificar, proceso productivo y la aplicación.

- **Empaque de producto:** se refiere al material del empaque del producto. Por ejemplo, no es lo mismo la codificación en un film metálico de empaque que codificar en las caras de las cajas de cartón donde se colocan estos productos.
- **Proceso productivo:** se refiere a la naturaleza del proceso de manufactura del producto. Por ejemplo, no es lo mismo codificar en un laboratorio químico que en un proceso de llenado de cemento donde el ambiente tiene mucha polución. Otro, en el proceso productivo de latas de atún, estas pasan por la etapa de autoclave donde se sumergen en agua caliente, por ende la codificación debe resistir altas temperaturas.
- **Aplicación:** son requerimientos especiales que formulan los usuarios para la codificación. Por ejemplo, un usuario puede preferir que la codificación sea indeleble y perdure por siempre. Otro, quiere colocar su logotipo grande sobre la superficie de su producto. Este requerimiento necesita una tecnología diferente para la codificación.

A continuación, se describe las principales tecnologías de codificación utilizadas en las empresas industriales.

### **2.2.3.1 Láser.**

Los sistemas codificadores con tecnología láser utilizan un rayo láser continuo guiado por espejos que son controlados por galvanómetros. La tecnología basada en estos galvanómetros permite la codificación y marcaje por láser en productos estáticos o móviles, a velocidades altas o bajas.

Un láser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) es un dispositivo que produce un tipo muy especial de luz. La luz procedente de un láser tiene cuatro aspectos básicos:

- La luz láser es intensa. (Potencia).
- Los haces láser son estrechos y no se dispersan como los demás haces de luz. (Direccionalidad).
- La luz láser es coherente. (Ordenamiento de ondas)
- Los láseres producen luz de un solo color. (comúnmente rojo).

El marcaje se realiza a través de un sistema láser que graba la capa superficial del material que deja una marca indeleble permanente. De acuerdo con Hecht (1992) existen diversas tecnologías laser pero las más utilizadas en sistemas de codificación son: CO2 y Fibra Óptica.

#### CO2

Este tipo de láser emite radiación infrarroja entre 9 y 11 micrómetros. Se puede producir salidas continuas de potencia desde 1 Watt para aplicaciones científicas

hasta kiloWatts en gravados de materiales de ingeniería. Puede generar pulsos desde los nanosegundos hasta los milisegundos con (Hecht, 1992, p. 159). En aplicaciones de codificación, no es recomendable para procesos con velocidades de producción altas y cuando el sustrato es complejo. Además, necesita un sistema de refrigeración por aire comprimido o agua helada. En la figura 6 se muestra un sistema de codificación láser CO2 de la marca alemán Domino Serie D.



Figura 6. Codificación por láser CO2.

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

### Fibra Óptica

La fibra láser es de alguna manera la miniaturización del láser de estado sólido. Sistemas convencionales de fibra óptica usan un repetidor óptico-eléctrico, el cual detecta una señal óptica débil, convirtiéndolo en forma electrónica, amplificándolo y procesando la señal electrónica, y usándolo para dirigir a un transmisor de láser (Hecht, 1992, p. 457). En aplicaciones de codificación, este tipo de láser codifica mayor diversidad de sustratos con la ventaja de obtener un mejor contraste en las

impresiones. A diferencia del otro tipo, este si es recomendable para aplicaciones donde la velocidad de producción es alta. Además, no necesita sistema de refrigeración. En la figura 7 se muestra un sistema de codificación láser de Fibra Óptica de la marca alemán Domino Serie F.



Figura 7. Codificación Láser Fibra Óptica.

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

#### **2.2.3.2 TTO.**

La sobreimpresión por transferencia térmica (TTO) crea imágenes en alta definición mediante el uso de un cabezal de impresión que coloca el ribbon en contacto directo con el sustrato, tal como se muestra en la figura 8. El cabezal de impresión está hecho de una serie de elementos de impresión en miniatura con revestimiento de cerámica, mientras que la cinta está recubierta con una mezcla de resina y cera de color especialmente formulada. A medida que los elementos calientan las áreas pequeñas de la cinta, la mezcla se derrite y se transfiere a la superficie del sustrato, a la cual se adhiere a medida que la superficie se mueve bajo la impresora o mediante el desplazamiento del cabezal de impresión.

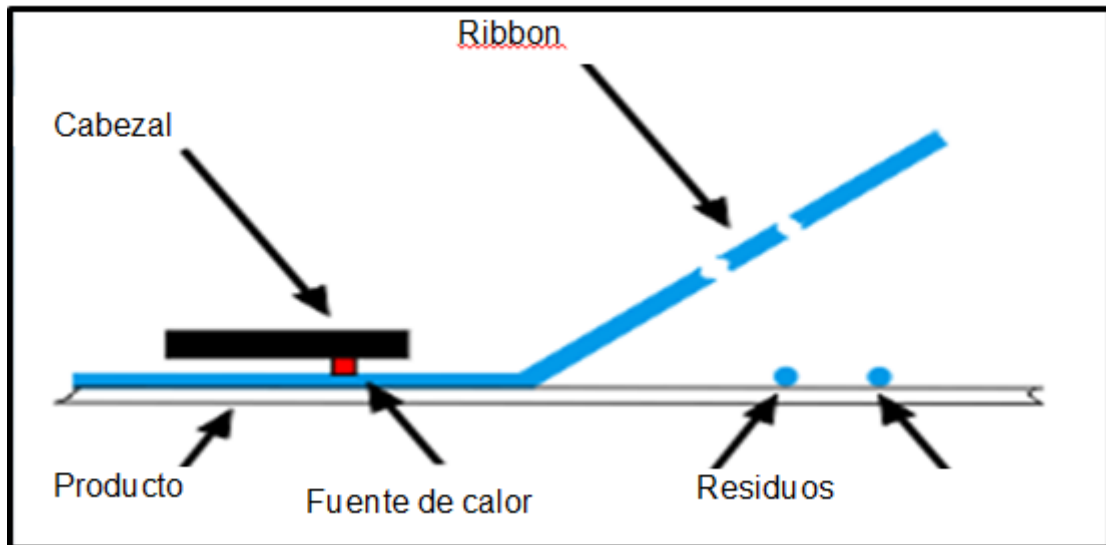


Figura 8. Proceso de impresión Termo Transferencia.

Fuente: Propia.

En la industria se utiliza este tipo de codificación en máquinas verticales u horizontales de envasado en sacos, paquetes o film. En la figura 9 se muestra un sistema de codificación TTO de la marca alemán Domino Serie V.



Figura 9. Codificación TTO.

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)



### **2.2.3.3 Inkjet.**

La impresión Inkjet se realiza por microgotas cargadas eléctricamente listas para recibir la señal de impresión. Es ampliamente utilizada en la industria para codificar productos por ello, tiene un apartado especial más adelante en este informe. En la figura 10 se muestra un sistema de codificación inkjet de la marca alemán Domino Serie A.



Figura 10. Codificación inkjet.

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

### **2.2.3.4 Codificación con Etiquetas.**

Una etiqueta se trata de una señal, marca, rótulo o marbete que se adhiere a un objeto para su identificación, clasificación o valoración. Las etiquetas son utilizadas en la actividad comercial para describir el contenido de envases, recipientes y paquetes con mayor facilidad (trazabilidad). Además, pueden incluir un código de barras que contiene información cifrada para la gestión automática en depósitos y puntos de venta. Las primeras capas de las etiquetas pueden ser

sintéticas, de papel o cartulina; con respecto al adhesivo puede ser de tipo caucho, acrílico u otros.

En la codificación con etiquetas adhesivas se tiene un mayor contraste de la información imprimida, tal como se muestra en la figura 11. Dependiendo de la aplicación se debe de elegir el tipo de etiqueta y adhesivo.

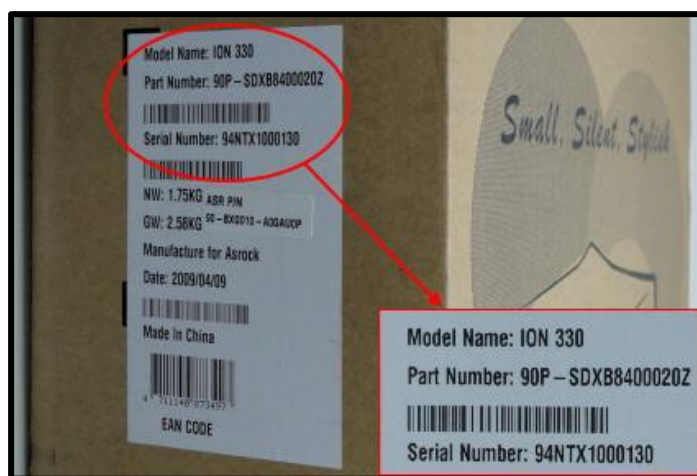


Figura 11. Codificación con etiquetas.

Fuente: <http://es.arconvert.es/>

## 2.3 Sistemas de Codificación Inkjet.

### 2.3.1 Definición.

La impresora Inkjet es una forma no-impacto generando imágenes por direccionamiento de pequeñas gotas o partículas en una rápida sucesión en la superficie de un sustrato bajo un control computarizado (Leach, Pierce, 1993, p. 62). En el sector industrial ha ganado su popularidad por la capacidad de imprimir a altas velocidades arriba de 2100 caracteres por segundo prácticamente sobre

cualquier superficie, porosa y no porosa, incluyendo aquellas que son irregulares o frágiles. Se divide principalmente en dos tecnologías de generación de gotas: continuous inkjet printing (CIJ) y drop on demand printing (DOD).

CIJ es la forma más rápida y es altamente demandante. La tecnología se desarrolló gracias al trabajo de Lord Rayleigh quien modeló la inestabilidad de la capilaridad de los chorros (Leach et. al, 1992, p. 678). Es utilizada principalmente para aplicaciones industriales para imprimir información como números y datos en productos en una línea de producción rápida. Su nombre deriva de la naturaleza del proceso donde las gotas se producen constantemente y se recicla cuando no se requiere imprimir.

En contraste, la impresión DOD es caracterizada por el hecho de que las gotas son producidas por una serie de electro válvulas que controlan unas boquillas individualmente para imprimir caracteres alfanuméricos. La tecnología por electroválvula se utiliza principalmente para la impresión de grandes caracteres en cajas y otros embalajes secundarios.

Las aplicaciones de DOD son especializadas para imprimir sobre materiales absorbentes como papel o cartón. Por otro lado, las aplicaciones de CIJ son más diversas y una amplia variedad de solventes han sido desarrolladas para que puedan ser aplicadas en los más difíciles sustratos. En el presente proyecto, se utiliza la tecnología CIJ por la calidad de impresión, tipo de insumo y la velocidad

de impresión; es por esto que se describe su principio de funcionamiento en el siguiente apartado.

### 2.3.2 Principio de Funcionamiento.

Cada carácter impreso consta de una matriz de puntos compuesta de líneas, o trazos, de gotas de tinta. Las gotas de tinta de cada trazo se separan mediante una deflexión electrónica, mientras que los trazos se separan mediante el movimiento de la superficie de impresión bajo el cabezal, tal como se muestra en la figura 12.

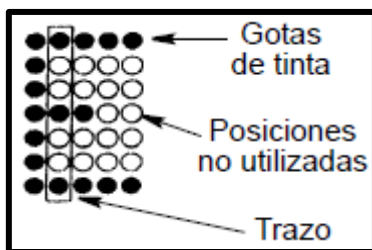


Figura 12. Gotas en Codificación inkjet CIJ.

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

En el cabezal, el generador de gotas recibe el suministro de tinta bajo presión y esta emerge a través de una pequeña boquilla como un chorro muy fino. El generador de gotas contiene una barra de accionamiento que crea ondas de presión ultrasónicas en la tinta, lo que provoca que el chorro se divida en un flujo de gotas separadas poco después de salir de la boquilla.

La fragmentación debe ajustarse para que tenga lugar dentro del electrodo de carga, en donde cada gota de tinta recibe una carga electrostática mediante la aplicación de un voltaje al electrodo de carga en el momento en que sale la gota.

El tamaño de la carga aplicada a la gota de tinta dependerá del voltaje aplicado al electrodo de carga.

A continuación, las gotas de tinta pasan por el campo electrostático definido entre dos placas deflectoras de alto voltaje. La dirección de salida de cada gota de tinta cargada se desviará en mayor o menor grado según el tamaño de la carga. Las gotas de tinta que no son necesarias para la impresión no reciben cargas electrostáticas y se recogen en el canalón tal como se muestra en la figura 13.

Los componentes del cabezal están montados en un chasis rígido, cuya parte superior, completamente cerrada, contiene las conexiones entre el cabezal y el cableado de manguera. El cabezal se desliza en el interior de una cubierta protectora y se fija con un tornillo en la parte trasera. La cubierta está montada en la posición de impresión y tiene guías de precisión que garantizan que el cabezal vuelva a colocarse siempre exactamente en la misma posición si previamente se ha retirado y colocado de nuevo.

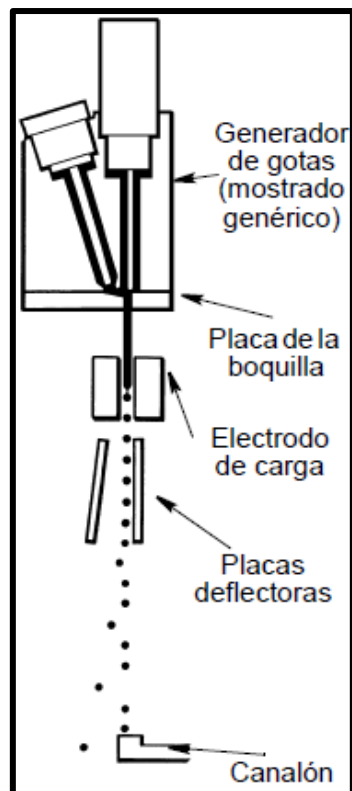


Figura 13. Componentes del Cabezal Codificador Inkjet CIJ.

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

### 2.3.3 Insumos.

La flexibilidad de las codificadoras CIJ pone fuertes requerimientos en las propiedades de los ingredientes usados en la formulación de la tinta. Las formulaciones inkjet consisten en una mezcla de solventes, colorantes, resina y aditivos (Leach et. al, 1992). A continuación se explica cada una de ellas:

#### Solventes

La mezcla de solventes puede comprender ocho solventes volátiles. La mezcla de solventes actúa como medio para transferir tinta desde la impresora a la superficie y controla el tiempo de secado. Líneas de producciones rápidas y

modernas requieren tintas especiales con el menor tiempo de secado. Entre los solventes más comunes se tiene cetona, metil etil cetona (MEK), acetatos, glicol y alcohol.

### Colorantes y pigmentos

Los pigmentos son perfectamente diseñados cuando las partículas son menos de 1 micrómetro de tamaño y deben ser siempre retenidas en una suspensión homogénea en la mezcla de solventes. Los pigmentos son por naturaleza abrasivos. Por otro lado, los colorantes son más fáciles de manejar. Estos son seleccionados para añadir alta solubilidad en los solventes y poseen bajos niveles de impurezas.

### Resina

La resina en la formulación de la tinta inkjet y contiene uno o más polímeros que cumplen diversas funciones. Estos controlan la viscosidad del sistema y promueve la formación de gotas. También, los polímeros sirven para enlazar el colorante y provee la adhesión a la superficie.

### Aditivos

Los aditivos imparten propiedades funcionales específicas y están presentes en menos del 0.1% de la formulación. Son usados para promover el flujo y la adhesión, reducir la pegajosidad, provee estabilidad a la oxidación, reduce la

espuma y plastifica la resina. Lo más importante y esencial en el aditivo es la sal conductora el cual provee la conductividad eléctrica a la tinta para cargar la gota.

En la tabla 1, se muestra las tintas utilizadas en la codificación de diversos productos de la marca alemana Domino.

Tabla 1. Tintas utilizadas en la codificación CIJ.

Código de tinta	Aplicación
IR845BK	Film metalizados, Film de Plástico BOPP, Envases en PET.
1BK001	Superficies Porosas
4RD006	Huevos
3BK002	Procesos de Autoclave
2YL904	Revestimientos de claves

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

#### 2.3.4 Dispositivos Electrónicos.

Un sistema de codificación inkjet se une a diferentes elementos que trabajan en sincronía para alcanzar un objetivo común. El enfoque básico de la arquitectura de un sistema de codificación requiere seleccionar e implementar los subsistemas que se visualizan en la figura 14. Aunque este gráfico muestra solo los sistemas básicos que se consideran en el diseño del presente informe, se puede considerar muchos más dependiendo de la aplicación. A continuación se describe cada uno de ellos.



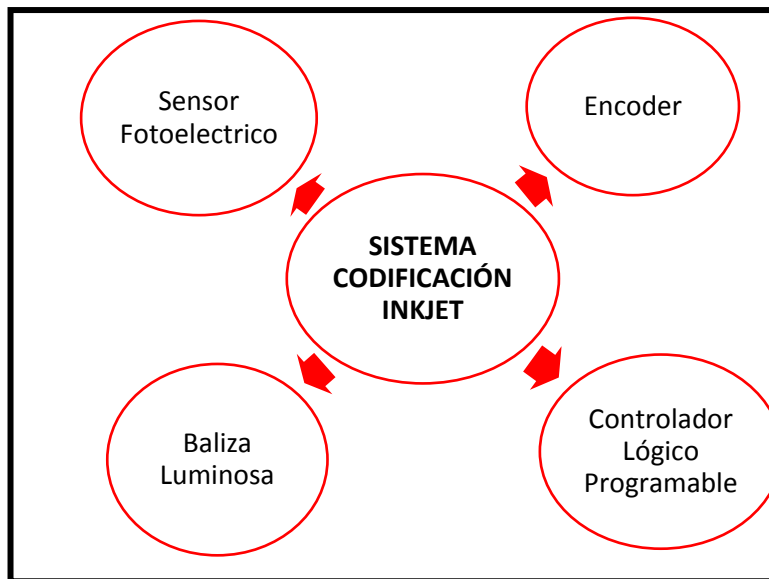


Figura 14. Dispositivos eléctricos de un Sistema de codificación Inkjet.

Fuente: Propia.

### Sensores Fotoeléctricos

Un sensor fotoeléctrico o fotocélula es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor. Todos los diferentes modos de sensado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

Los sensores de luz se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y

formateo de la señal de salida. Existen tres tipos de sensores fotoeléctricos: los sensores por barrera de luz, reflexión sobre espejo y reflexión sobre objetos.

- **Barrera de luz:** estos sensores están compuestos de dos partes: un componente que emite el haz de luz y otro componente que lo recibe, tal como se muestra en la figura 15. Se establece un área de detección donde el objeto a detectar es reconocido cuando el mismo interrumpe el haz de luz. Debido a que el modo de operación de esta clase de sensores se basa en la interrupción del haz de luz, la detección no se ve afectada por el color, la textura o el brillo del objeto a detectar. Estos sensores operan de una manera precisa cuando el emisor y el receptor se encuentran alineados. La luz solo tiene que atravesar el espacio de trabajo una vez, por lo que se favorecen grandes distancias de funcionamiento de hasta 60 metros. Son apropiadas para condiciones ambientales poco favorables, como suciedad, humedad, o utilización a la intemperie, así como independientemente del color del objeto realiza una detección precisa del objeto.

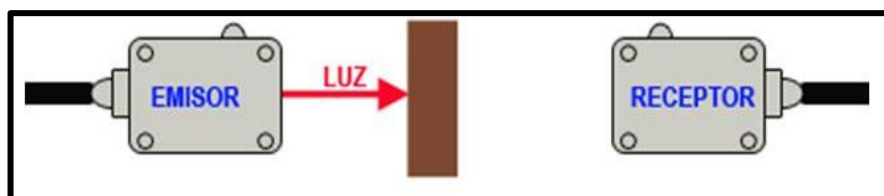


Figura 15. Sensor Fotoeléctrico de barrera de luz.

Fuente: [www.autonics.com](http://www.autonics.com)

- **Reflexión sobre espejo:** Tienen el componente emisor y el componente receptor en un solo cuerpo, el haz de luz se establece mediante la utilización de un reflector catadióptrico tal como se muestra en la figura 16. El objeto es detectado cuando el haz formado entre el componente emisor, el reflector y el componente receptor es interrumpido. Debido a esto, la detección no es afectada por el color del mismo. La ventaja de las barreras réflex es que el cableado es en un solo lado, a diferencia de las barreras emisor-receptor que es en ambos lados. Hay dos tipos de fotocélulas de reflexión sobre objeto, las de reflexión difusa y las de reflexión definida. En estas fotocélulas el haz de luz recorre dos veces la distancia de detección, con lo cual las distancias de trabajo que se consiguen son medias (de unos 15 metros). El espejo es fácil de instalar, y no se necesita cableado hasta el mismo, por lo que solo se debe de instalar el sensor. Además de ser válidos para detección de objetos opacos, también cubren eficientemente aplicaciones con detección de objetos con cierto grado de transparencia. El problema más llamativo es que el objeto a detectar tiene que ser mayor que el espejo y, a ser posible, no reflectante, además de que la alineación tiene que ser precisa.

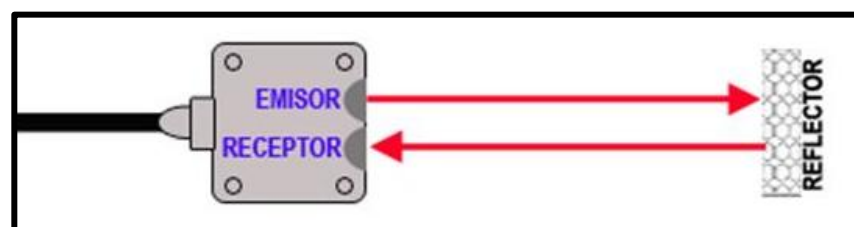


Figura 16. Reflexión sobre espejo.

Fuente: [www.autonics.com](http://www.autonics.com)

- **Reflexión sobre objeto:** a luz infrarroja viaja en línea recta, en el momento en que un objeto se interpone el haz de luz rebota contra este y cambia de dirección permitiendo que la luz sea enviada al receptor y el elemento sea censado, tal como se muestra en la figura 17. Sin embargo, un objeto de color negro no es detectado ya que este color absorbe la luz y el sensor no experimenta cambios.

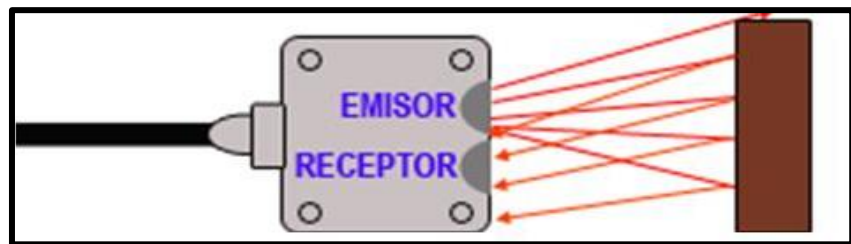


Figura 17. Reflexión sobre objeto.

Fuente: Propia.

### Encoder

El encoder de cuadratura es un sensor digital de posición que mediante dispositivos ópticos convierte una posición angular, en una señal digital, que puede tener un procesamiento básico de la señal como filtrado y permite adecuar, mostrar, y procesar su señal de salida, tal como se muestra en la figura 18. Este tipo de dispositivo permite saber la variación de posición del rotor con una resolución alta, dependiendo del tipo de señales que genera tiene mayor o menor resolución. En el mercado existen dos clases principales de encoder: incrementales y absolutos, los cuales se subdividen en dos versiones dependiendo del acoplamiento al eje del motor, con un eje propio del encoder, o con eje hueco.

El encoder absoluto tiene su nombre debido a que su sistema de referencia es, valga la redundancia, absoluto, la posición de su eje con respecto a un punto específico es definido por un único valor, así pues, se puede decir que cada radio del disco del encoder tiene un único valor y por lo tanto solo depende de dicho valor. El encoder incremental es relativo es decir, cada punto no tiene un valor asignado. En la categoría de este encoder se encuentra el incremental de cuadratura, que consiste en un encoder con señales definidas para saber el sentido de giro, además de un indicador de vuelta, que se denomina indexado.



Figura 18. Encoder.

Fuente: [www.autonics.com](http://www.autonics.com)

### Controlador Lógico Programable

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía haciendo de forma cableada por medio de contactores y relees. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además, cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran

esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico. En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los Controladores Lógicos Programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada. **Entre las principales ventajas tenemos:**

- Menor tiempo de elaboración de proyectos, debido a que no es necesario dibujar el esquema de contactos
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes
- Mínimo espacio de su instalación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo PLC
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.

Con respecto a su estructura se pueden clasificar en tres tipos:

- **Estructura compacta:** este tipo de Controlador Lógico Programable se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc. Son los PLC de gama baja los que suelen tener una estructura compacta como el modelo “DirectLogic 05” de la marca “Automation Direct” que se muestra en la figura 19. Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.



Figura 19. PLC de estructura compacta.

Fuente: [www.automationdirect.com](http://www.automationdirect.com)

- **Estructura semimodular:** Se caracteriza por separar las E/S del resto del Controlador Lógico Programable, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S . Son los Controladores Lógicos Programables de gama media los que suelen tener una estructura semi-modular.
- **Estructura modular:** Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el PLC como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc. La sujeción de los mismos se hace por riel DIN, placa perforada o sobre RACK, en donde van alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen. Son los PLC de gama alta los que suelen tener una estructura modular que permiten una gran flexibilidad en su constitución como por ejemplo el modelo DirectLogic 205 de la marca Automation Direct tal como se muestra en la figura 20.



Figura 20. PLC de estructura modular.

Fuente: [www.automationdirect.com](http://www.automationdirect.com)

### Balizas luminosas

Se conoce como baliza a la señal móvil o fija que se instala en un lugar para realizar una advertencia como se muestra en la figura 21. Las balizas luminosas se conectan al sistema de codificación y contienen cuatro indicadores de diferentes colores:

- Luz Rojo: El equipo codificador se encuentra en estado de ERROR.
- Luz Naranja: El equipo se encuentra operativo pero en estado de alerta.
- Luz Verde: El equipo codificador se encuentra imprimiendo.
- Luz Azul: El equipo codificador esta lista para imprimir.



Figura 21. Baliza Luminosa de cuatro estados.

Fuente: <http://www2.schneider-electric.com>



## 2.4 Aplicadores de Etiquetas

### 2.4.1 Definición.

El aplicador de etiqueta es otro tipo de sistema de codificación que permite una fijación precisa de etiquetas codificadas y eliminan la necesidad de un proceso de aplicación manual. Estas se aplican sobre botellas, cajas, paquetes, bolsas, tapas o latas, como se muestra en la figura 22.



Figura 22. Aplicador de etiquetas en cajas.

Fuente: [www.foxjet.com](http://www.foxjet.com)

### 2.4.2 Tipos de Aplicadores de Etiquetas

Existen dos tipos de aplicadores:

- **Only-apply:** son aquellos que solo aplican etiquetas sobre una superficie. Lógicamente, las etiquetas se han impreso previamente y se colocan en bobinas. Son utilizados en aplicaciones donde la información es estándar para todos los productos.

- **Printer-apply:** son aquellos que tiene la función de imprimir y aplicar etiquetas al mismo tiempo. Son utilizados en aplicaciones donde el proceso se necesita cambiar de información instantáneamente.

Por otro lado, también se tiene a clasificarlos según el modo de aplicación:

- **Wipe-on:** este tipo de aplicadores se utiliza en productos de forma ovalada, tal como se muestra en la figura 23.



Figura 23. Aplicador Wipe-on.

Fuente: [www.foxjet.com](http://www.foxjet.com)

- **Tamp-pad:** se utiliza para superficies totalmente planas. Se conforma de un brazo que se extiende con la etiqueta posicionada en el tamp-pad y con una ligera presión golpea la superficie plana. En la figura 24 se muestra este tipo de aplicadores.



Figura 24. Aplicador tipo tamp-pad.

Fuente: [www.foxjet.com](http://www.foxjet.com)

- **Corner warp:** se utiliza cuando el usuario desea colocar una etiqueta en dos caras del producto al mismo instante, tal como se muestra en la figura 25

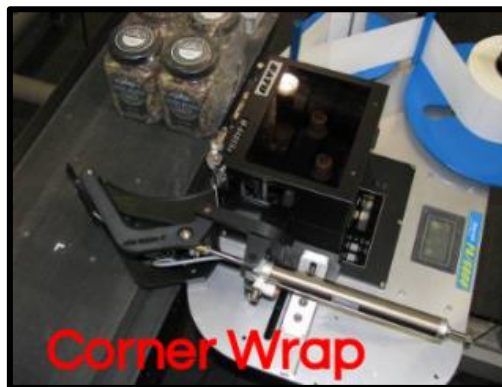


Figura 25. Aplicador Corner Wrap.

Fuente: [www.foxjet.com](http://www.foxjet.com)

- **Roller:** se utiliza en superficies planas o ligeramente irregulares. El rodillo ayuda a fijar y mantener uniforme la adhesión de la etiqueta tal como se muestra en la figura 26.

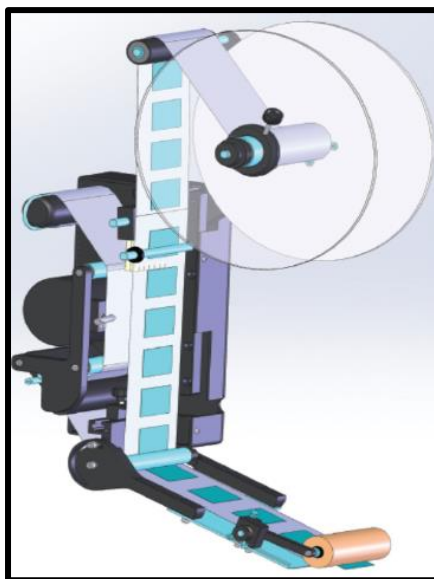


Figura 26. Aplicador roller.

Fuente: [www.foxjet.com](http://www.foxjet.com)

### CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

En este capítulo se muestra el diseño del sistema generador de códigos promocionales que se implementará en una máquina de envaso tipo Flow Pack de marca Fripack que consta de una alimentación de forros de plásticos que son transportados por una faja hacia la etapa de envasado donde un film de plástico envuelve a los paquetes de forro de plástico para luego pasar por la etapa de sellado obteniendo el producto final. Este proceso se puede observar en la figura 27.

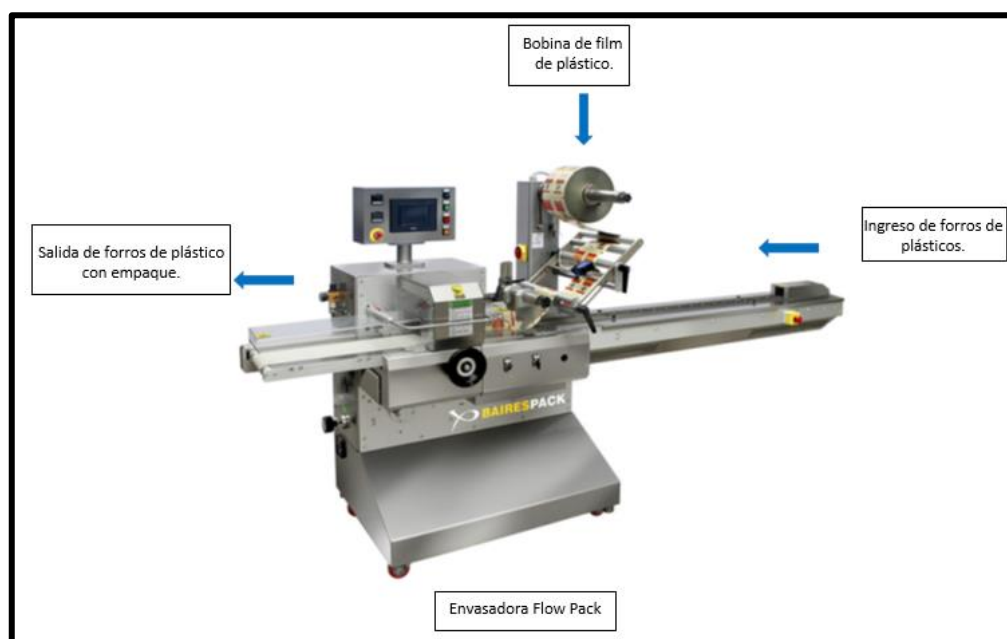


Figura 27. Máquina Envasadora Flow Pack.

Fuente: Propia.

Las consideraciones previas al diseño del sistema son las siguientes:

- El sistema debe adaptarse con facilidad a la máquina envasadora Flow Pack.

- El sistema debe contribuir en la inocuidad en la línea de producción de paquetes de forro de plástico.
- El sistema debe tener la capacidad de adaptarse a ciertos tipos de formatos o presentaciones.
- El sistema a diseñar debe colocar la publicidad de la promoción en el anverso del paquete.
- El sistema debe imprimir los códigos promocionales en el reverso del paquete.
- El sistema debe imprimir los códigos promocionales con una secuencia lógica que sea lo menos predecible.
- El sistema debe tener la capacidad de imprimir a un número determinado de paquetes, el cual es determinado por el Área de Marketing.
- El sistema debe tener una interfaz de usuario para ingresar la cantidad de paquetes en promoción.

Con la finalidad de diseñar un sistema generador de códigos promocionales con las características antes mencionadas, se pretende diseñar tres sub-sistemas distintos que integrados cumplen con el objetivo del presente proyecto como se muestra en la figura 28.

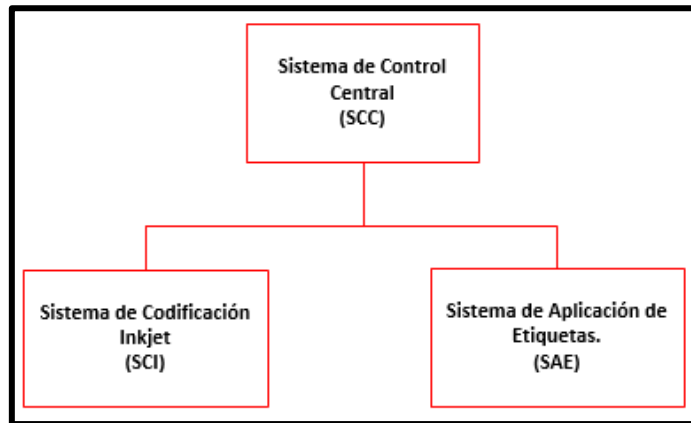


Figura 28. Sistemas del Generador de Códigos Promocionales.

Fuente: Propia.

- **Sistema de Codificación (SCO):** este sistema tiene la función de codificar los códigos promocionales de nueve caracteres y consta de los siguientes elementos: un sensor fotoeléctrico y un codificador inkjet.
- **Sistema de Aplicación de Etiquetas (SAE):** este sistema tiene la función de aplicar las etiquetas de la publicidad de la promoción y consta de los siguientes elementos: un aplicador de etiquetas y un sensor fotoeléctrico.
- **Sistema de Control Central (SCC):** este sistema tiene la función de monitorear las señales de los sensores fotoeléctricos para controlar el número de forro de plástico impresos. Consta de los siguientes elementos: controlador lógico programable y panel HMI.

Los elementos de este sistema se muestran en la figura 29. Estos elementos serán seleccionados en los siguientes apartados.

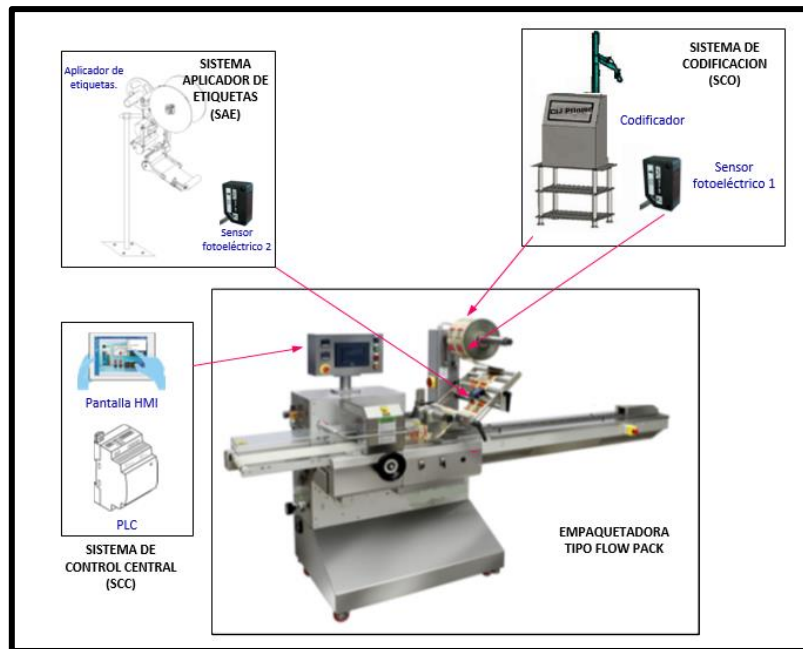


Figura 29. Elementos del Sistema Generador de Códigos Promocionales.

Fuente. Propia.

### 3.1 Diseño del Sistema de Codificación (SCO).

Este sistema se encarga de la codificación de nueve caracteres sobre el reverso del paquete. Estos códigos promocionales tienen el formato que se muestra en la figura 30.

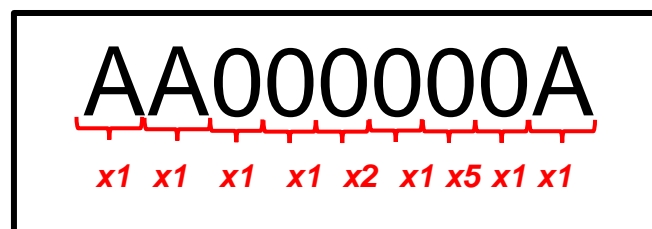


Figura 30. Formato de los códigos promocionales.

Fuente: Propia.

Como se muestra, el formato numérico consta de tres dígitos alfanuméricos y seis dígitos numéricos. Empezando desde la izquierda, los dos primeros dígitos son



alfanuméricos y se repiten cada una vez (x1). Luego, los seis siguientes dígitos son numéricos y se repiten cada una vez (x1) menos el tercero y el quinto que intercalan cada dos (x2) y cinco veces respectivamente (x5) y, por último, el último dígito alfanumérico se repite cada una vez (x1). Estas repeticiones fueron creadas para que los códigos promocionales sean los menos predecibles posibles.

La cantidad máxima de impresiones se calcula utilizando la teoría del análisis combinatorio, en especial las variaciones con repetición. Las variaciones con repetición de “n” elementos tomados de “p” en “p” se definen como las distintas agrupaciones formadas con “p” elementos que pueden repetirse, eligiéndolos de entre los n elementos de que disponemos, considerando una variación distinta a otra tanto si difieren en algún elemento como si están situados en distinto orden. El número de variaciones que se pueden construir se puede calcular mediante la fórmula:

$$VR_p^n = n^p \quad (1)$$

Por lo tanto, la cantidad máxima vendría a ser:

$$Cantidad\ Máxima = VR_1^{24} \times VR_1^{24} \times VR_1^{10} \times VR_1^{10} \times VR_1^{10/2}$$

$$Cantidad\ Máxima = 24^1 \times 24^1 \times 10^1 \times 10^1 \times 5^1 = 288\ 000$$

La empresa DSH cuenta con sistemas de codificación inkjet de la marca Domino que no cubren con los requisitos de la aplicación porque:

1. Los modelos son antiguos y discontinuados.
2. Realizan códigos promocionales de manera limitada.
3. La interfaz de usuario no es amigable.
4. Los insumos no cubren con los requisitos de la aplicación.

Por consiguiente, se decide seleccionar un nuevo sistema más especializado que cubra con los requisitos de la presente aplicación. A continuación, se describe la selección de estos componentes establecido por Domino Printing, empresa alemana fabricante de estos sistemas con más de 40 años de experiencia. Se debe seleccionar el insumo, codificador, grado de protección del cabezal y el sensor en función de los siguientes determinantes: tipo de material, condiciones del entorno, cantidad de información a codificar, proceso pre-codificado y proceso post-codificado. En la figura 31 se muestra el procedimiento para la selección de la solución de codificación por sistema inkjet.

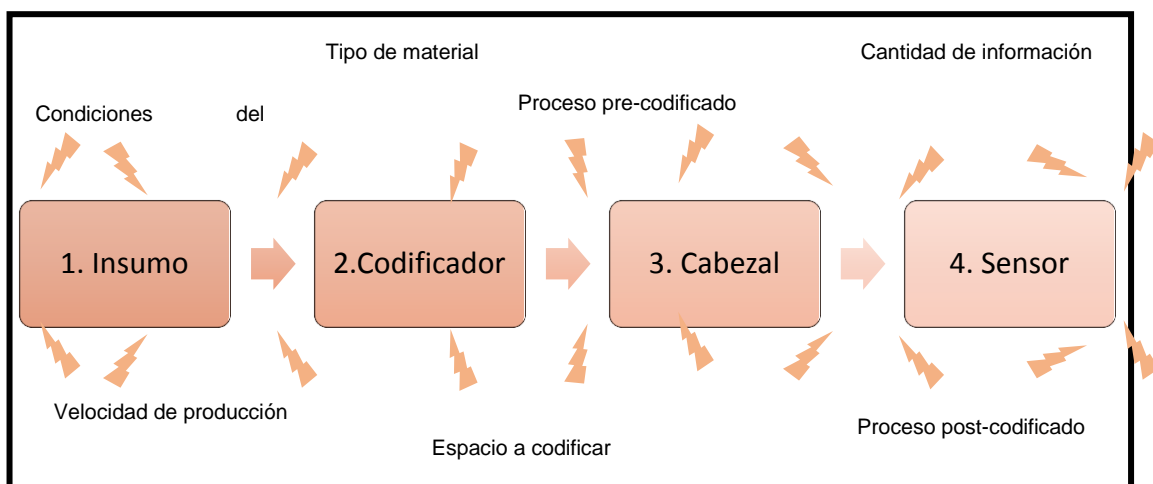


Figura 31. Procedimiento para la selección de un sistema de codificación.

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

### 3.1.1 Selección del insumo

La selección del insumo se basa en un previo análisis de acuerdo con el tipo de material, proceso pre, post codificado y tipo de control de calidad. A continuación se describe cada uno con respecto a la aplicación.

- **Tipo material:** se trata de un film de plástico BOPP ampliamente utilizado en empaques.
- **Proceso pre-codificado:** para este caso no existe un cambio que altere las condiciones previas al codificado.
- **Proceso post-codificado:** después del codificado el film pasa por un sistema de rodillos-tensores y maquinas selladoras que pueden alterar la legibilidad de la codificación.
- **Tipo de control de calidad:** el producto codificado pasa por los siguientes controles de calidad: frotación con la mano, rozamientos entre productos, desprendimiento de cinta adhesiva sobre la zona codificada y frotación con solvente. Esto se realiza con el objetivo de garantizar que el producto codificado llegue al usuario final con la información legible.

Así es como, se selecciona el insumo IR845bk porque es más resistente a los rozamientos, y tiene un tiempo más rápido de secado y es recomendado para aplicaciones en codificación de film de plástico. Además, tiene una excelente adhesión y resistencia a las frotaciones. En la tabla 2 se muestra sus características químicas.

Tabla 2. Características insumo IR845BK.

Composición del Insumo	IR845BK
Propanona	50-70%
Acetato de Metilo	10-30%
Etanol	10-30%
Solvente negro 29	0.9-5.0%
2-Metil-2-Propanol	<0.1%

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

### 3.1.2 Selección del codificador inkjet.

La selección del codificador se basa en un previo análisis de acuerdo a las condiciones del entorno, tipo de caracteres, volumen de impresión (ppm), velocidad de la línea (m/min), cantidad de horas de trabajo del equipo al día y etapa de la línea de producción en la que estará instalado el codificador. A continuación se describe cada uno con respecto a la aplicación.

- Condiciones del entorno: se tiene una temperatura ambiente de 24 °C y libre de polución.
- Tipo de caracteres: se requiere codificar caracteres alfanuméricos.
- Volumen de impresión (ppm): se cuenta con una velocidad de impresión de 180 paquetes por minuto.
- Velocidad de línea (m/s): se cuenta con una velocidad de línea de 25 metros por minuto.

- Cantidad de horas de trabajo: la planta trabaja en tres turnos rotativos con 8 horas cada una durante 335 días anuales.
- Etapa de la línea de producción: para este caso se requiere codificar en la etapa final del proceso siendo esta la etapa de empaquetado.

Así es como, se selecciona el modelo A300 que cumple con los requisitos de esta aplicación. Además, permite codificar cuatro líneas de impresión a altas velocidades, tiene un tamaño compacto e interfaz de usuario táctil amigable. Otras características técnicas se muestran en la tabla 3 y su estructura en la figura 32.

Tabla 3. Características técnicas del codificador inkjet A300.

Modelo	A300
Máx. Velocidad de Línea	325m/min
IP	55
Potencia	56.3 W
Largo de Manguera	3m
Tamaño boquilla	75μ
Peso	24.5kg

Fuente: <http://www.domino-printing.com>



Figura 32. Codificador inkjet A300.

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

### 3.1.3 Selección del cabezal.

La selección del cabezal se basa en un previo análisis de acuerdo a las condiciones del entorno (seco/con pulsión), tamaño de caracteres a codificar y espacio disponible para codificar. A continuación, se describe cada uno con respecto a la aplicación.

- Condiciones del entorno: se tiene ambiente seco y libre de polución.
- Tamaño de caracteres: se requiere una altura mínima de 4mm de alto.
- Espacio disponible: se cuenta con un espacio de 3.5cmx1.5cm.

Así es como, se selecciona un cabezal estándar con grado IP55 que tiene un gran nivel de protección ante polvo y chorro de agua, tal como se muestra en la figura 33.



Figura 33. Cabezal del Codificador A300.

Fuente: [www.domino-printing.com](http://www.domino-printing.com)

### 3.1.4 Selección del sensor.

La selección del sensor se basa en un previo análisis de acuerdo al tipo de material y al tipo de marca para el sensado. A continuación, se describe cada uno con respecto a la aplicación.

- Tipo de material: se trata de un film de plástico BOPP ampliamente utilizado en empaques.
- Tipo de marca para el sensado: la bobina del film contiene marcas rectangulares de 15x5mm de color negro denominadas “tacas”.

Así es como, se elige el sensor fotoeléctrico de fibra óptica BF4R de la marca Autonics con una distancia de sensado de 40mm, tal como se muestra en la figura 34 y otras características técnicas en la tabla 4.



Figura 34. Sensor Fotoeléctrico.

Fuente: <http://www.technical-avenue.com>

Tabla 4. Características del Sensor Fotoeléctrico.

Modelo	BF4R
Tiempo de respuesta	0.5ms
Alimentación	12 – 24 VDC
Peso	65gr
Consumo	45mA

Fuente: <http://www.technical-avenue.com>

### 3.1.5 Configuración.

Ahora bien, el equipo codificador se utiliza para codificar dos códigos de producción propios de la empresa y la línea de producción. Debajo de esta información se codificará el formato de los códigos promocionales tal como se muestra en la figura 35.

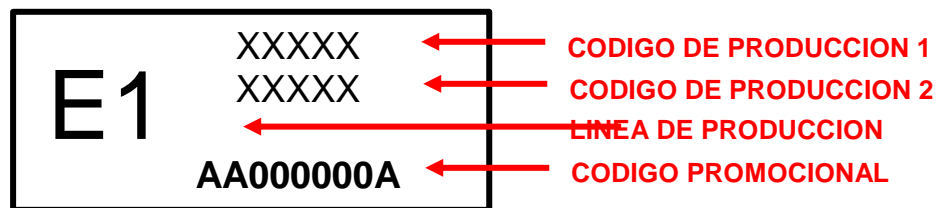


Figura 35. Formato de Impresión en Codificador Inkjet.

Fuente: Propia.

Seguidamente, se muestra la configuración del sensor fotoeléctrico y el formato mostrado en el codificador inkjet A300.

#### Configuración del Sensor Fotoeléctrico.

En la figura 36 se muestra la ventana de configuración donde se selecciona la opción “Detector de producto” para configurar el sensor. Luego, en la figura 37 se muestra el ajuste del detector de producto como una señal externa.

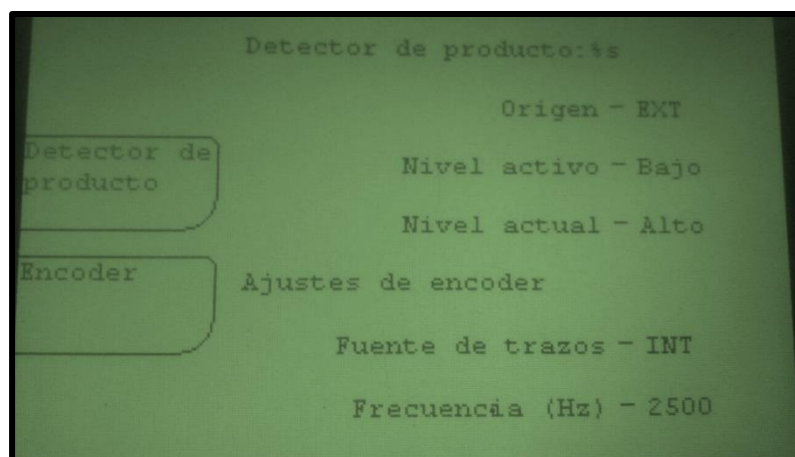




Figura 36. Ventana de configuración del A300.

Fuente: Propia.

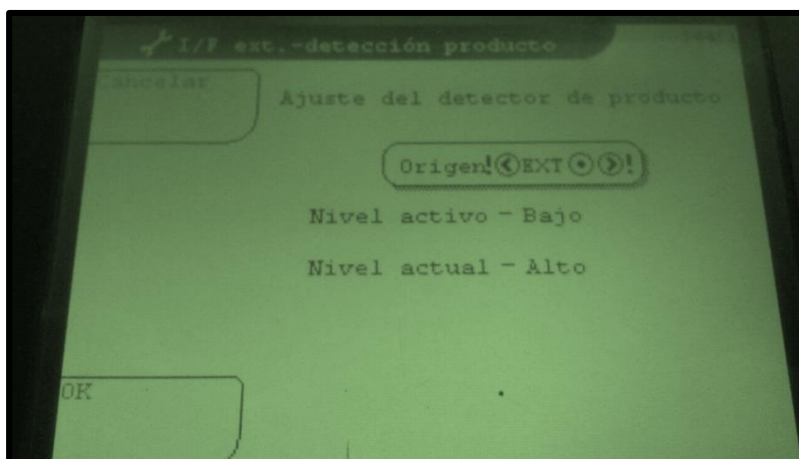


Figura 37. Ajuste del sensor externo del A300.

Fuente: Propia.

### Configuración de los códigos promocionales

Para la configuración del código se establece dos contadores denominados izquierdo y derecho tal como se muestra en la figura 38.

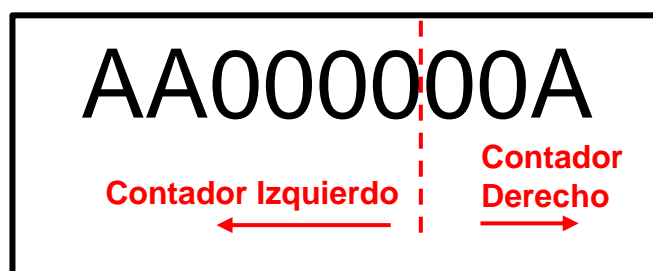


Figura 38. Contador izquierdo y derecho.

Fuente: Propia.

Para la configuración del contador izquierdo se establece una nueva serie con un salto de dos que corresponde el primer dígito numérico. Además, se configura en

un rango de 0000 a 9999 empezando de 0000 y con un prefijo de rango AA hasta ZZ empezando de AA, tal como se muestran en las figuras 39, 40, 41 y 42. En la figura 43 se muestra el formato del contador izquierdo terminado.

Para la configuración del contador derecho se establece una nueva serie con un salto de cinco que corresponde el primer dígito numérico. Además, se configura en un rango de 00 a 99 empezando de 00 y con un sufijo de rango A hasta Z empezando de A, tal como se muestran en las figuras 44, 45 y 46.

Finalmente, el formato terminado del código promocional se visualiza en la figura 47.

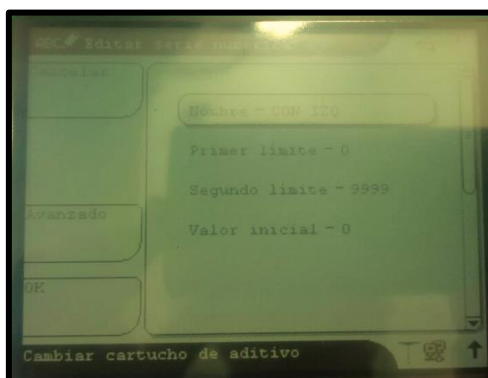


Figura 39. Nueva serie del contador izquierdo del A300.

Fuente: Propia.

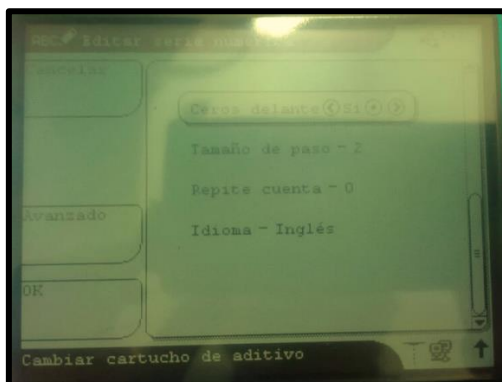


Figura 40. Configuración del paso del contador izquierdo del A300.

Fuente: Propia.

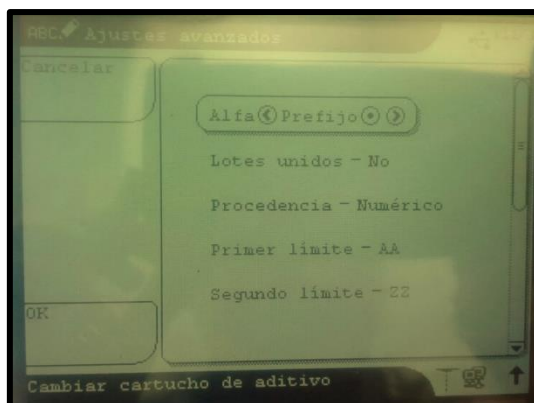


Figura 41. Configuración del prefijo del contador izquierdo del A300.

Fuente: Propia.

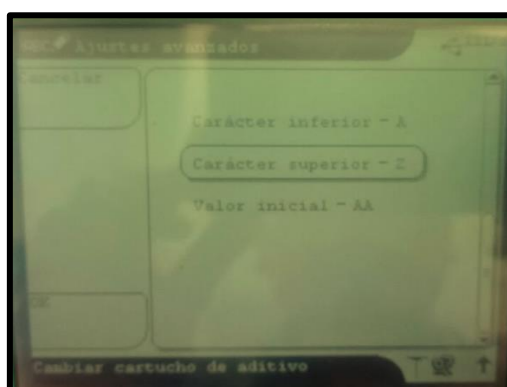


Figura 42. Configuración de valor inicial del contador izquierdo del A300.

Fuente: Propia.

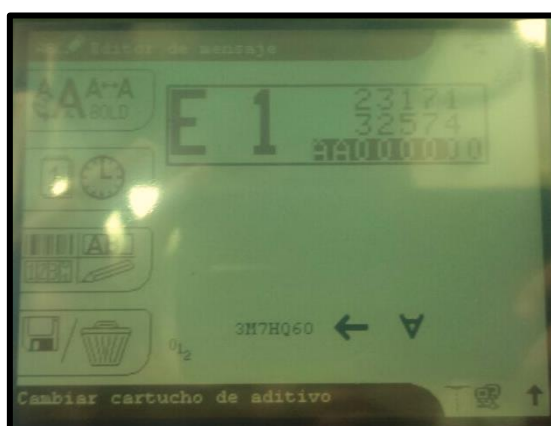


Figura 43. Contador izquierdo terminado del A300.

Fuente: Propia.

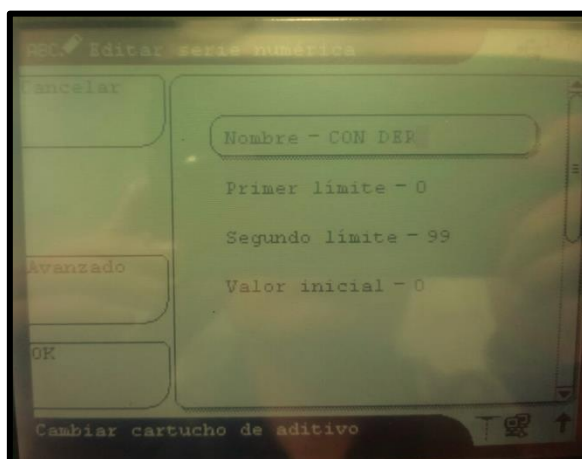


Figura 44. Nueva serie del contador derecho del A300.

Fuente: Propia.

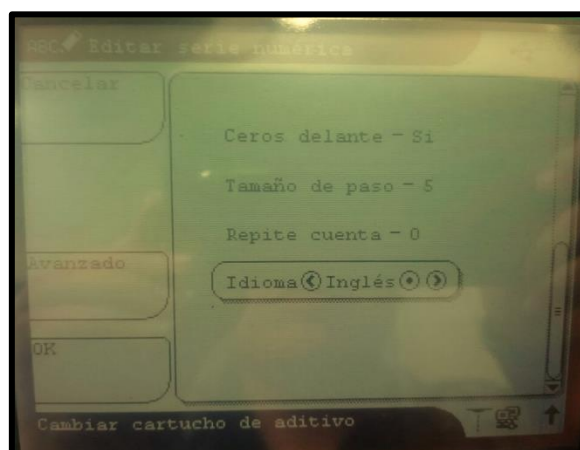


Figura 45. Configuración del paso del contador derecho del A300.

Fuente: Propia.

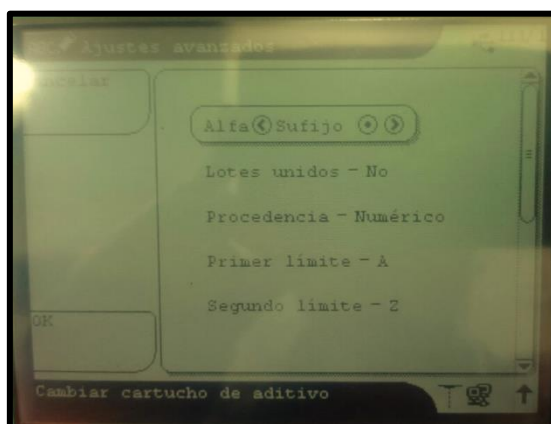


Figura 46. Configuración del sufijo del contador izquierdo del A300.

Fuente: Propia.

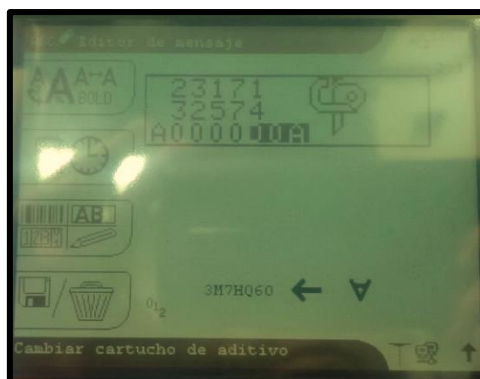


Figura 47. Configuración del formato terminado en A300.

Fuente: Propia.

### 3.2 Diseño del Sistema Aplicador de Etiquetas (SAE).

Este sistema tiene la función de aplicar la publicidad de la promoción en el anverso del paquete. Para esto, se describe la selección de los siguientes componentes de acuerdo con lo establecido por la empresa AutoLabel, empresa americana con 30 años de experiencia industrial. Se debe seleccionar las etiquetas, el aplicador y el sensor en función de los siguientes determinantes: espacio disponible, tipo de material, velocidad de la línea de producción (m/s), tamaño de la etiqueta, tipo de control de calidad, condiciones del entorno y tipo de marca para el sensado. En la figura 48 se muestra el procedimiento para la selección de la solución de etiquetado.

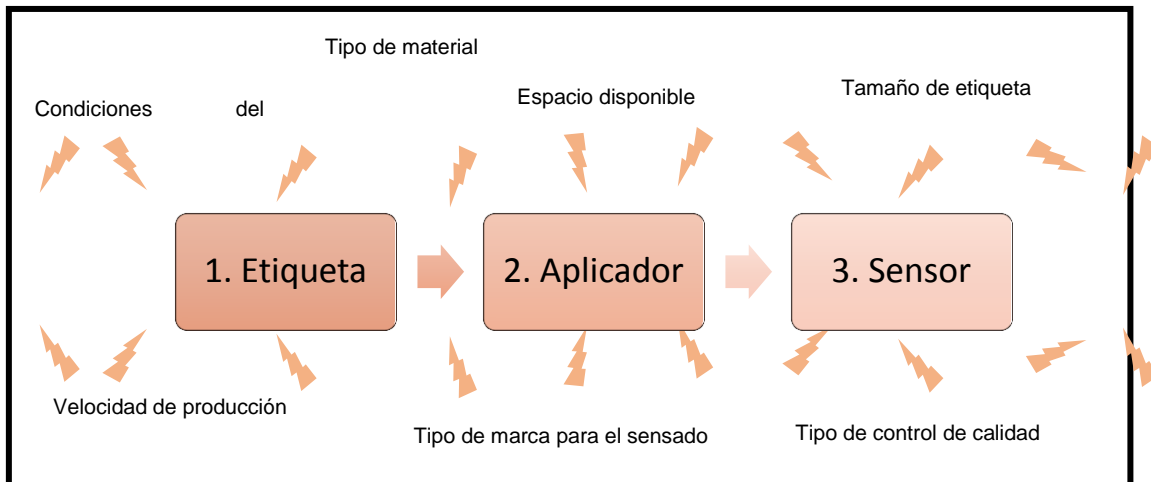


Figura 48. Procedimiento para la selección de un sistema de codificación inkjet.

Fuente: [www.foxjet.com](http://www.foxjet.com)

### 3.2.1 Selección de las etiquetas.

La selección de la etiqueta se basa en espacio disponible, tipo de adhesivo, diseño, tipo de material y tipo de control de calidad. A continuación, se describe cada uno con respecto a la aplicación.

- Espacio: se tiene disponible un espacio menor al ancho del paquete de forro de plástico que es de trece centímetros.
- Tipo de adhesivo: para esta aplicación se requiere que el adhesivo tenga suficiente adherencia y la propiedad de dejar residuos al momento de ser despegado.

- Diseño: se requiere un arte llamativo pre-impreso que contenga información de la promoción tal como se muestra en la figura 49.



Figura 49. Diseño de la etiqueta para promoción.

Fuente: Propia.

- Tipo de material: se requiere una etiqueta de características brillosas.
- Tipo de control de calidad: el producto etiquetado pasa por los siguientes controles de calidad: desprendimiento de etiqueta, frotación con paño húmedo. Esto se realiza con el objetivo de garantizar que la etiqueta llegue al usuario final en óptimas condiciones.

Así es como, se selecciona una etiqueta redonda de 1.6” de diámetro de material sintético y brillante con adhesivo acrílico. Otras características técnicas se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Características de la etiqueta del SAE.

Modelo	Fasson 54 Semi-Gloss
Tipo	Emulsion acrylic
Mínima temperatura de aplicación	-20°F
Rango de temperatura de trabajo	-65°F a +200°F

Fuente: [www.na.fasson.com](http://www.na.fasson.com)

### **3.2.2 Selección del Aplicador de Etiquetas.**

La selección del aplicador se basa en velocidad de la línea de producción (m/s), tamaño de la etiqueta, modo de aplicación y etapa en la producción. A continuación, se describe cada uno con respecto a la aplicación.

- Velocidad de la línea de producción (m/s): se tiene un proceso con una velocidad de 25 metros por minuto, tal como se muestra en la figura 50. El tiempo de aplicación para cada etiqueta se puede calcular utilizando la ecuación 2.



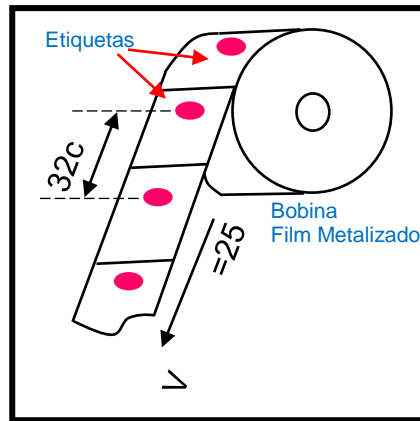


Figura 50. Velocidad de línea de producción en la bobina de film BOPP.

Fuente: Propia.

$$V = \frac{d}{t} \dots (2)$$

Donde:

V: velocidad (m/min).

d: distancia (m).

t: tiempo (s).

Con esto, el tiempo de aplicación es:

$$25m/min = \frac{32\text{ cm}}{t}$$

$$t = 768\text{ ms}$$

Por lo tanto, se debe seleccionar un aplicador de etiquetas que permita aplicar una etiqueta como máximo cada 768 milisegundos.

- Tamaño de la etiqueta: se cuenta con una etiqueta cuyo diámetro es de 1.6”.
- Modo de aplicación: se requiere aplicar la etiqueta en una superficie plana con un accesorio que ejerza una ligera presión y ayude a la adhesión correcta de la etiqueta.
- Etapa en la producción: para este caso se requiere etiquetar en la etapa final del proceso siendo esta la etapa de empaque.

Así es como se selecciona el aplicador de etiquetas modelo 3101 marca Autolabe, con una velocidad máxima de 90m/min, tamaño máximo de etiqueta de 152.4x558.8mm con un modo de aplicación tipo roller. Otras características técnicas se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Características del aplicador de etiqueta.

<b>Modelo</b>	<b>3101 AutoLabe</b>
Velocidad de aplicación	15 – 90 m/min
Número de etiquetas por minuto	800
Dimensiones mínimas de la etiqueta	12.5x12.5mm
Dimensiones máximas de la etiqueta	152.4x558.8mm
Alimentación	110-240VAC

Fuente: [www.foxjet.com](http://www.foxjet.com)

### **3.2.3 Selección del sensor.**

La selección del sensor se basa en un previo análisis de acuerdo al tipo de material y al tipo de marca para el sensado. A continuación, se describe cada uno con respecto a la aplicación.

- Tipo de material: se trata de un film de plástico BOPP ampliamente utilizado en empaquetes.
- Tipo de marca para el sensado: la bobina del film metalizado contiene marcas rectangulares de 15x8mm de color negro denominadas “tacas”.

Así es como, se elige el sensor fotoeléctrico de fibra óptica BF4R de la marca Autonics con una distancia de sensado de 40mm, tal como se muestra en la figura 35 y otras características técnicas en la tabla 4.

### **3.3 Diseño del Sistema de Control Central (SCC).**

Este sistema tiene la función de monitorear las señales de los sensores fotoeléctricos de los Sistemas de Codificación (SCO) y el Sistema Aplicador de Etiquetas (SAE) para controlar el número de paquetes de forro de plásticos impresos. Consta de los siguientes elementos: controlador lógico programable y panel HMI.

#### **3.3.1 Selección del Controlador Lógico Programable.**

Por un lado, en la presente aplicación se cuenta con las siguientes entradas digitales:

- Sensor Fotoeléctrico del SCO: se encarga del sensado de la “taca” en la bobina de film de plástico BOPP ubicado antes del cabezal de impresión. La taca mide 5mm de ancho y la velocidad de producción es de 25 m/min. Entonces, el ancho de pulso se determina utilizando la ecuación 2:

$$25m/min = \frac{5\text{ mm}}{t}$$

$$t = 12\text{ ms} \vee f = 0.0416\text{ KHz}$$

Así es como, se debe seleccionar una interfaz de entrada que lea pulsos menores a 12 milisegundos.

- Sensor Fotoeléctrico del SAE: se encarga del sensado de la “taca” en la bobina de film de plástico BOPP para la salida de las etiquetas y su correcto posicionamiento. La taca mide 5mm de ancho y la velocidad de producción es de 25 m/min. Entonces, el ancho de pulso se determina utilizando la ecuación 2:

$$25m/min = \frac{5\text{ mm}}{t}$$

$$t = 12\text{ ms} \vee f = 0.0416\text{ KHz}$$

Así es como, se debe seleccionar una interfaz de entrada que lea pulsos menores a 12 milisegundos.

- Señal de Error del SCO: se encarga de comunicarle al controlador cuando el codificador ha entrado en un estado de error.

Por otro, las salidas digitales son:

- Salida para el codificado: se encarga de enviar la orden de impresión al SCO mediante un pulso digital de 12 milisegundos según lo calculado anteriormente.
- Salida para el etiquetado: se encarga de enviar la orden de etiquetado al SAE mediante un pulso digital de 12 milisegundos según lo calculado anteriormente.
- Salida para el paro de empaquetadora: se encarga de detener todo el sistema de empaquetado cuando se halla llegado a la cuenta programada o se tenga una incidencia en el codificador.

Con esto, el modelo seleccionado de PLC es el D0-05DR de la marca Automation Direct que tiene ocho entradas y seis salidas digitales con una slot para un modelo especial, tal como se muestra en la figura 51 y otras características técnicas en la tabla 7.



Figura 51. Controlador Lógico Programable DL05.

Fuente: [www.automationdirect.com](http://www.automationdirect.com)

Tabla 7. Características del PLC DLO05.

Modelo	D0-05DR
Alimentación	220VAC
Entradas Digitales	8
Tiempo de respuesta Entrada	<16ms
Salidas Digitales	6
Tiempo de respuesta Salida	<25ms

Fuente: [www.automationdirect.com](http://www.automationdirect.com)

Debido a que los tiempos de respuesta de las entradas y salidas digitales del controlador lógico programable seleccionado son mayores a las requeridas, se decide seleccionar un módulo especial de señales rápidas H0-CTRIO2 de 4 entradas rápidas y 2 salidas rápidas tal como se muestra en la figura 52 y otras características técnicas en la tabla 8.

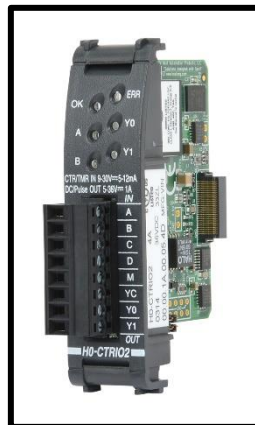


Figura 52. Módulo de señales rápidas H0-CTRIO2.

Fuente: [www.automationdirect.com](http://www.automationdirect.com)

Tabla 8. Características del módulo de señales rápidas H0-CTRIO2.

Modelo	H0-CTRIO2
Entradas Rápidas	4
Tiempo de respuesta Entrada	0.5µs
Salidas Rápidas	2
Tiempo de respuesta Salidas	7.6µs

Fuente: [www.automationdirect.com](http://www.automationdirect.com)

### 3.3.2 Selección del Panel HMI.

En este panel, el operario coloca la cantidad exacta de paquetes de forro de plástico que deben ser codificadas. Se selecciona un panel táctil de 4 pulgadas, cinco botones para funciones definidas, display de 320x240 y con comunicación serial RJ12 para comunicarse con el PLC DL05 seleccionado. Se trata del modelo EA1-S3ML-N de la marca Automation Direct tal como se muestra en la figura 53.



Figura 53. Panel HMI EA1-S3ML-N.

Fuente: [www.automationdirect.com](http://www.automationdirect.com)

### 3.3.3 Algoritmo de Programación.

Para la ejecución del presente trabajo, se describe cada paso del diagrama de flujo de la programación:

1. El proceso inicia cuando el operario ingresa la cantidad total de paquetes de forro de plástico a imprimir por medio del panel HMI EA1-T4CL.
2. Luego, el operario pulsa el botón “INICIO”.
3. Posteriormente, se habilita el Sistema de Codificación (SCO), Sistema Aplicador de Etiquetas (SAE) y la máquina envasadora.
4. Después, se recibe las señales de los sensores fotoeléctricos del SCO y SAE por el módulo de señales rápidas H0-CTRIO2.
5. Posteriormente, el PLC envía señales digitales al SCO y SAE para comenzar a codificar y aplicar etiquetas respectivamente.
6. Sí ocurre un error en la codificación se activa la entrada X0 y se procede a detener la máquina empaquetadora, SCO y SAE.
7. Al llegar a este paso, se incrementa la cuenta a una unidad (cuenta=cuenta+1)
8. Sí es que la cuenta iguala a la cantidad total, entonces pasa al siguiente paso. De lo contrario, vuelve al paso 4.
9. Por último, se detiene la máquina envasadora, SCO y el SAE para iniciar el proceso nuevamente en el paso 1.
10. Paralelamente, el operario puede pulsar el botón “RESET” que iguala la cuenta a cero (cuenta=0). Para luego volver al paso 9.



11. De la misma manera, el operario puede pulsar el botón “PAUSA” donde se guarda la cuenta en una memoria del PLC (cuenta=cuenta). Para luego volver al paso 9.

En la figura 54 se muestra el diagrama de flujo con los pasos descritos anteriormente.

#### **3.3.4 Configuración del Panel HMI.**

Como se mencionó antes, se selecciona un Panel HMI de la marca Automation Direct modelo HMI EA1-S3ML-N de 4 pulgadas que se comunica con el controlador lógico programable a través del protocolo serial. La pantalla de configuración se muestra en la figura 55

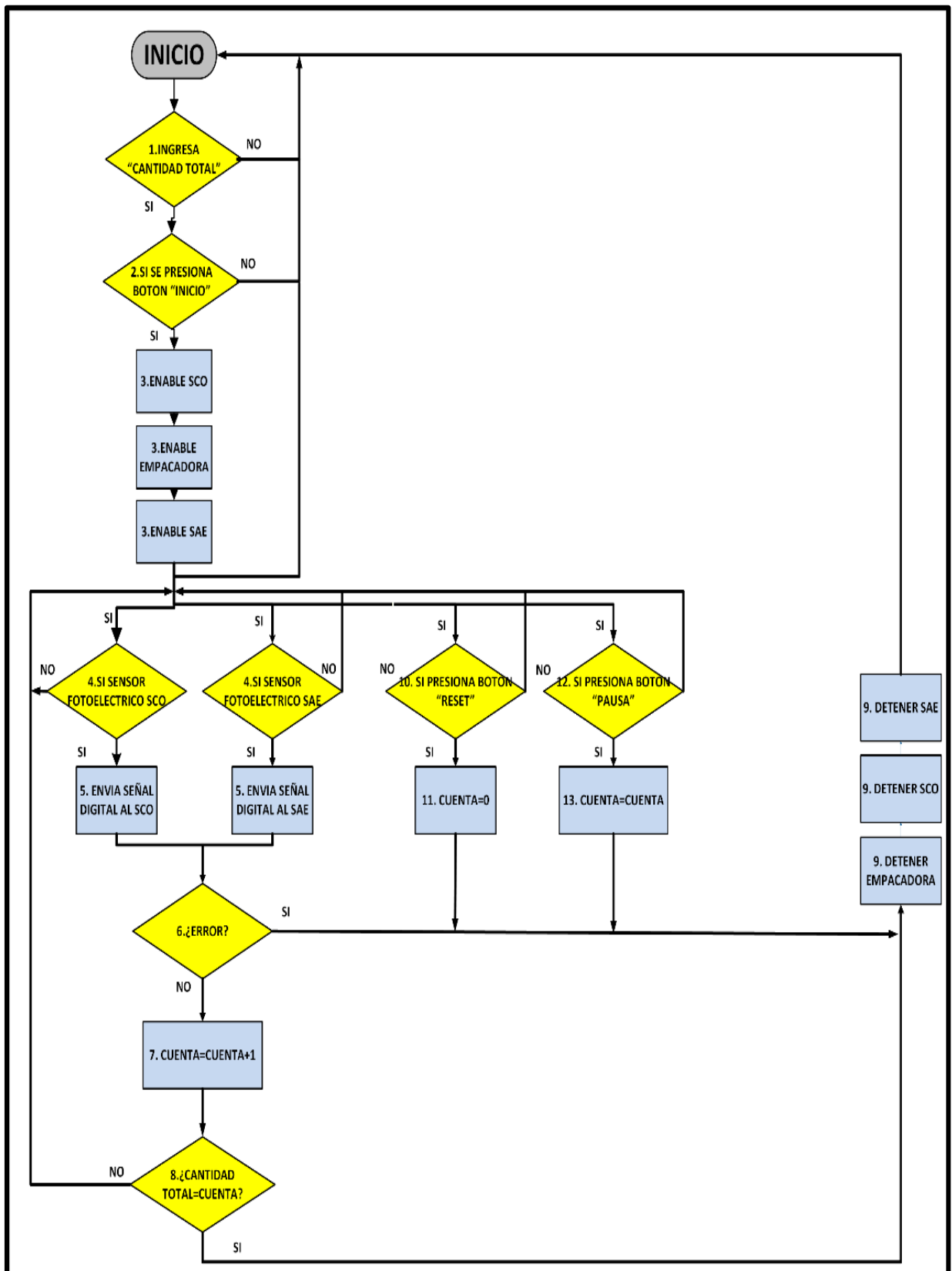


Figura 54. Diagrama de Flujo.  
Fuente: Propia.

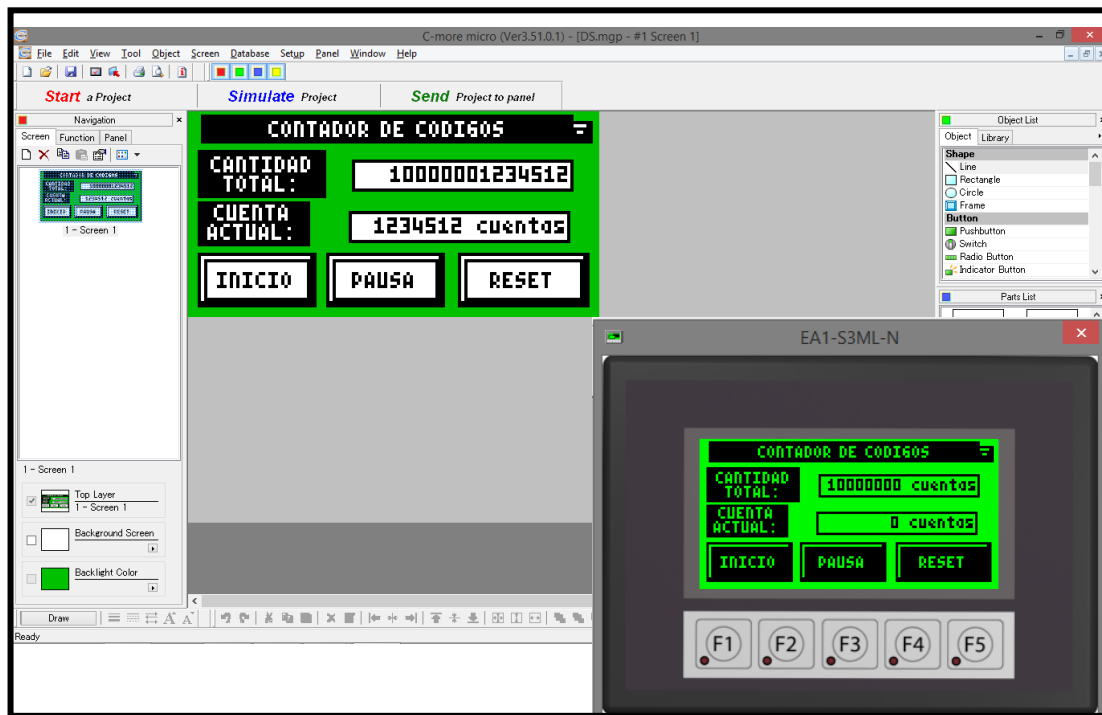


Figura 55. Configuración de Panel HMI.

Fuente: Propia.

En este panel se configura un “screen” donde se muestran los siguientes elementos:

- Botón “INICIO”: su función es iniciar la codificación (se enlaza a la memoria tipo bit V4000.0 del PLC).
- Botón “PAUSA”: su función es pausar la codificación (se enlaza en la memoria tipo bit V4000.1 del PLC).
- Botón “RESET”: su función es resetear la cuenta para comenzar desde cero (se enlaza a la memoria tipo bit V4000.2 del PLC).
- Box de Entrada “CANTIDAD TOTAL”: permite el ingreso de la cuenta total de forro de plásticos a imprimir (se enlaza a la memoria tipo DWORD V4002 del PLC).

- Box Indicador “CANTIDAD ACTUAL”: permite mostrar la cuenta instantánea de forro de plásticos impresos (se enlaza en la memoria tipo DWORD V4004 del PLC).

### **3.3.5 Programación Ladder del Controlador Lógico Programable.**

La programación se realiza en el software DirectSOFT 5 de la marca Automation Direct. De acuerdo con el plano eléctrico mostrado en el Anexo, la salida de error del SCO está conectada a la entrada X0 del controlador lógico programable y la salida digital Y2 está conectada con la empacadora para controlar su arranque o parada. Con referente al módulo de señales rápidas, las entradas rápidas A y B están conectadas a los sensores fotoeléctricos del SCO y SAE; y las salidas rápidas Y0 y Y1 se conectan al Codificador A300 del SCO (salida para el codificado) y el Autolabe del SAE (salida para el empaquetado).

Previamente a la programación se configura el módulo de señales rápidas a través del subprograma CTRIO WorkBench de la Marca Automation Direct. Tal como se muestra en la figura 56 se configura las entradas A y B como contadores y las salidas Y0 y Y1 como salida de pulsos. Al realizar esto el subprograma nos brinda las memorias de estado que son utilizadas en la programación tal como se muestra en la tabla 9.

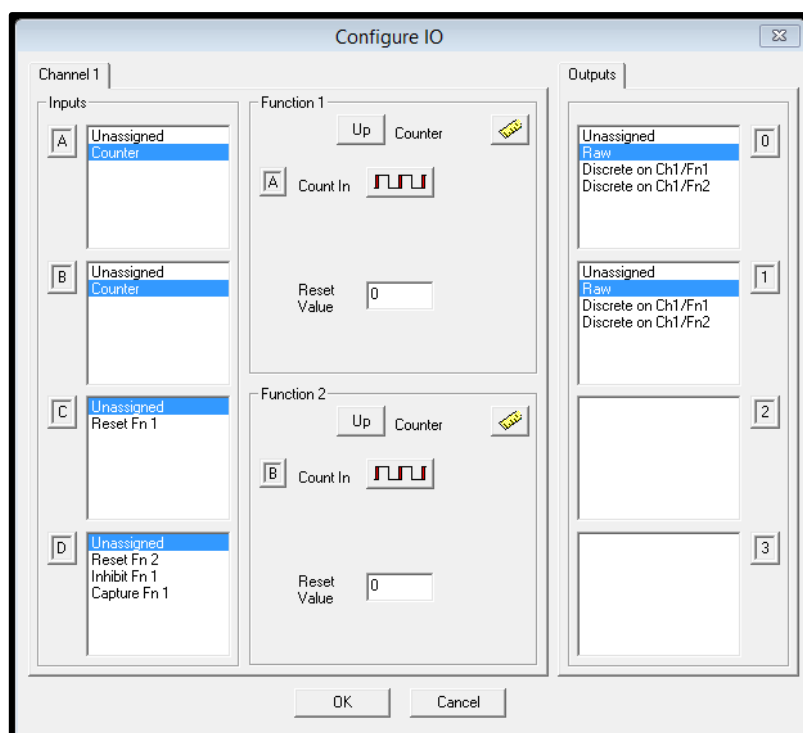


Figura 56. Configuración de entradas y salidas rápidas.

Fuente Propia.

Tabla 9. Memorias de estado del Módulo de Señales Rápidas.

Memorias	Descripción
V2025.0	Entrada rápida A
V2025.1	Entrada rápida B
V2056.0	Salida rápida Y0
V2056.8	Salida rápida Y1
V2000-V2001	Cuenta Actual del Canal 1
V2004-V2005	Cuenta Actual del Canal 2
V2020.1	At reset value Canal 1
V2020.9	At reset value Canal 2
V2054.1	Restear Cuenta del Canal 1
V2054.9	Restear Cuenta del Canal 2

Fuente: Propia.

De esta manera, la programación ladder del controlador lógico programable inicia detectando el primer escaneo de programa para resetear las salidas tal como se muestra en la figura 57.



Figura 57. Programación Ladder Rama 1: first scan.

Fuente: propia.

Luego, sí se pulsa el botón RESET en el panel HMI, entonces el programa se salta al “stage” 20 (o paso 20) tal como se muestra en la figura 58.



Figura 58. Programación Ladder Rama 2: botón reset.

Fuente: propia.

Luego, sí se pulsa el botón PAUSA en el panel HMI, entonces se apaga el stage 10 y se salta al stage 20 y 30. Además, copia la cuenta actual del canal 1 (V2000-V2001) a la memoria V5000-V5001, tal como se muestra en la figura 59.

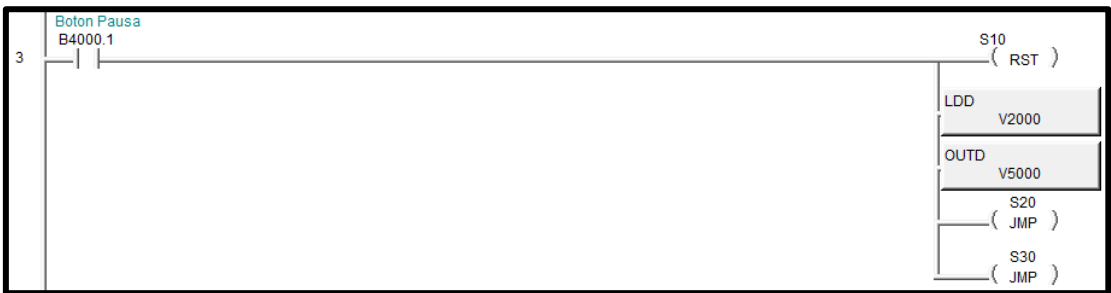


Figura 59. Programación Ladder Rama 3: botón pausa.

Fuente: propia.

La siguiente rama tiene la función de copiar la cuenta actual del canal 1 (V2000 – V2001) a la memoria V4004-V4005. Esta copia se realiza en todo momento gracias al bit de memoria SP1 que siempre se encontrará encendido, como se muestra en la figura 60.

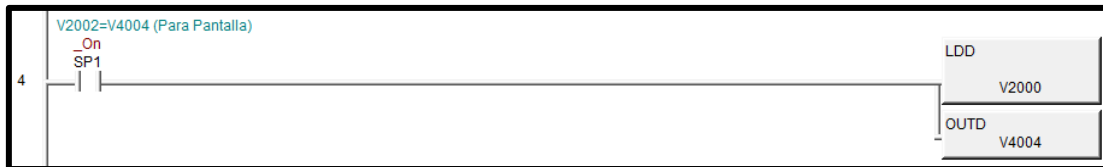


Figura 60. Programación Ladder Rama 4: memoria V4004.

Fuente: propia.

El stage 0 tiene la función de detectar si el botón INICIO del panel HMI ha sido pulsado, si se cumple hace que el programa de un salto hacia el stage 10, tal como se muestra en la figura 61.



Figura 61. Programación Ladder Rama 5 y 6: boton inicio.

Fuente: propia.

En el stage 10, si los bits de AT RESET VALUE (V2020.1 y V2020.9) están activados entonces se resetea los bits RESETEAR CUENTA CANAL 1 y 2 (V2054.1 y V2054.9) para comenzar una cuenta nueva, tal como se muestra en la figura 62.

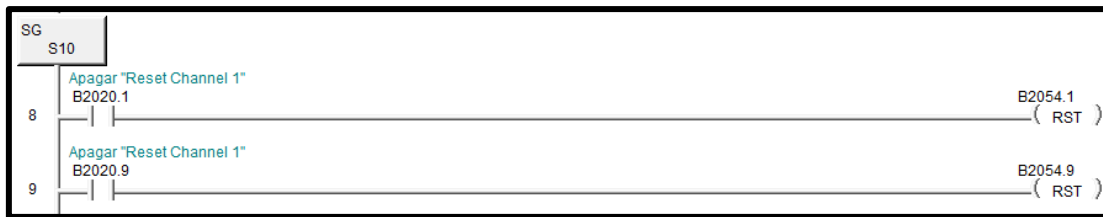


Figura 62. Programación Ladder Rama 7, 8 y 9: at reset value.

Fuente: propia.

En el stage 10, si las entradas rápidas A y B (V2025.0 y V2025.1) están activadas/desactivadas, entonces se activan/desactivan los bits de salidas rápidas Y0 y Y1 (V2056.0 y V2056.8), tal como se muestra en la figura 63.

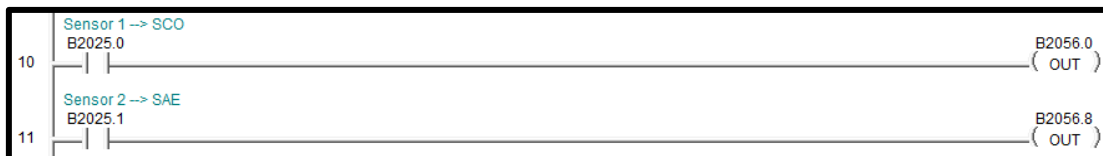


Figura 63. Programación Ladder Rama 10 y 11: señales rápidas.

Fuente: propia.

En el stage 10, si la cuenta actual del canal 1 (V2000 – V2001) es igual a la CUENTA TOTAL del panel HMI (V4002 – V4003), entonces el programa hace un salto al stage 20, tal como se muestra en la figura 64.

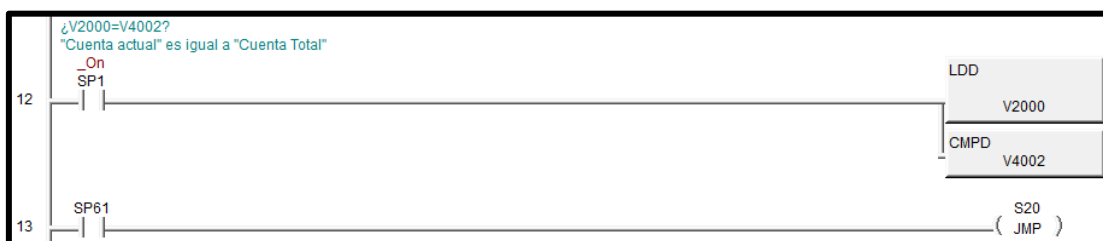


Figura 64. Programación Ladder Rama 12 y 13: cuenta total.

Fuente: propia.



En el stage 20 se tiene las instrucciones para resetear la cuenta actual y empezar desde cero. Por ello sí se ejecuta el stage 20, se activa la salida Y2 para que la empaquetadora se detenga además, se activa los bits RESETEAR CUENTA CANAL 1 y 2 (V2054.1 y V2054.9) y luego se realiza un salto al stage 0 tal como se muestra la figura 65.

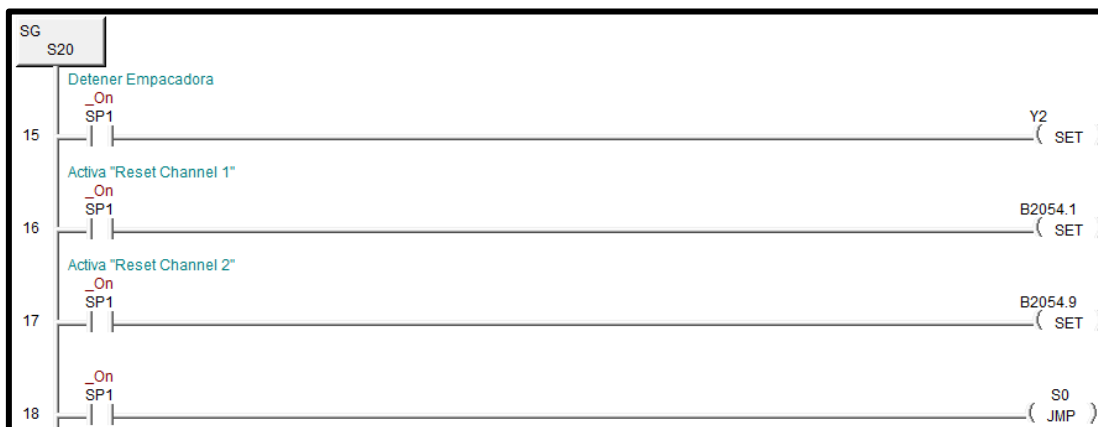


Figura 65. Programación Ladder Rama 14, 15, 16, 17 y 18: resetear cuenta.

Fuente: propia.

Por último, en el stage 30 se tiene las instrucciones donde se traslada el contenido de la memoria V5000-V5001 a la cuenta actual del canal 1 (V2000 – V2001) cuando se ejecuta el botón de pausa, tal como se muestra la figura 66.

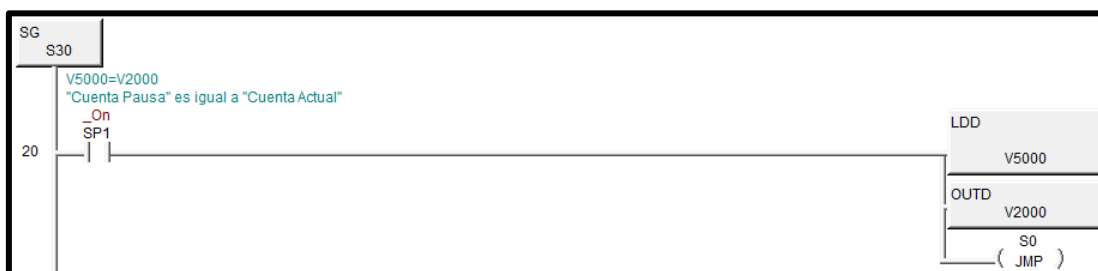


Figura 66. Programación Ladder Rama 19 y 20: pausar cuenta.

Fuente: propia.

Para finalizar el programa, en la última rama se coloca la instrucción END tal como se muestra en la figura 67.



Figura 67. Programación Ladder Rama 21: Fin del programa.

Fuente: propia.

## CAPÍTULO 4: RESULTADOS

### 4.1 Resultados

La línea de empaquetado cuenta con una máquina Fripack que empaca los forros de plástico con un equipo codificador encargado de codificar los códigos promocionales y el equipo aplicador de etiquetas siendo su función etiquetar las etiquetas informativas de la promoción. Así mismo, consta de un Sistema de Control Central (SCC), el cual tiene la función de monitorear las señales de los sensores fotoeléctricos de los Sistemas de Codificación (SCO) y el Sistema Aplicador de Etiquetas (SAE) para controlar el número de paquetes de forro de plásticos impresos. Después del diseño, todos los sistemas se trasladaron al área de producción de forro de plásticos de la empresa DSH para acondicionarlos en la maquina Fripack. La energía eléctrica provino de la red eléctrica de la empresa y fue de 220VAC. En la figura 68 se muestra la instalación de los sistemas en la línea de producción.

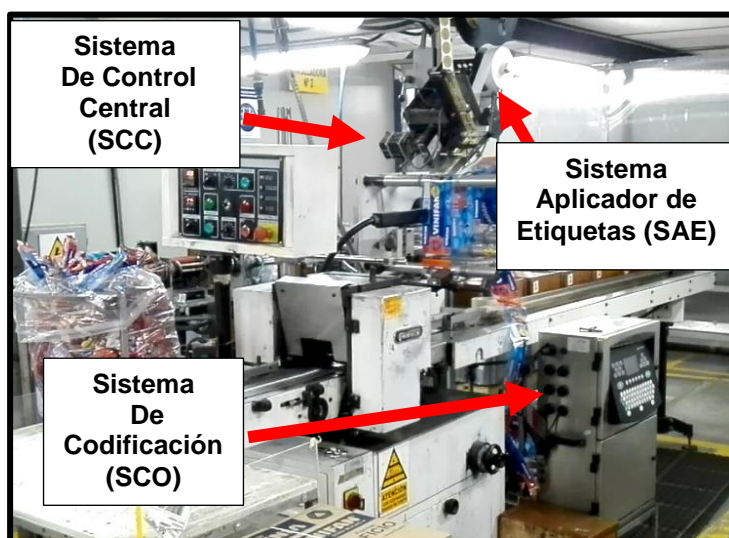


Figura 68. Instalación de los sistemas a la máquina Fripack.  
Fuente: Propia.

Posteriormente, se procedió a realizar unas pruebas de impresión en plena producción ingresando una cantidad de 5000 unidades, tal como se muestra en la figura 69.



Figura 69. Ingreso de la Cantidad Total por parte del operario.

Fuente: Propia.

Luego, el operario pulso el botón INICIO del panel HMI y empezó la generación de códigos promocionales, tal como se muestra en la figura 70.

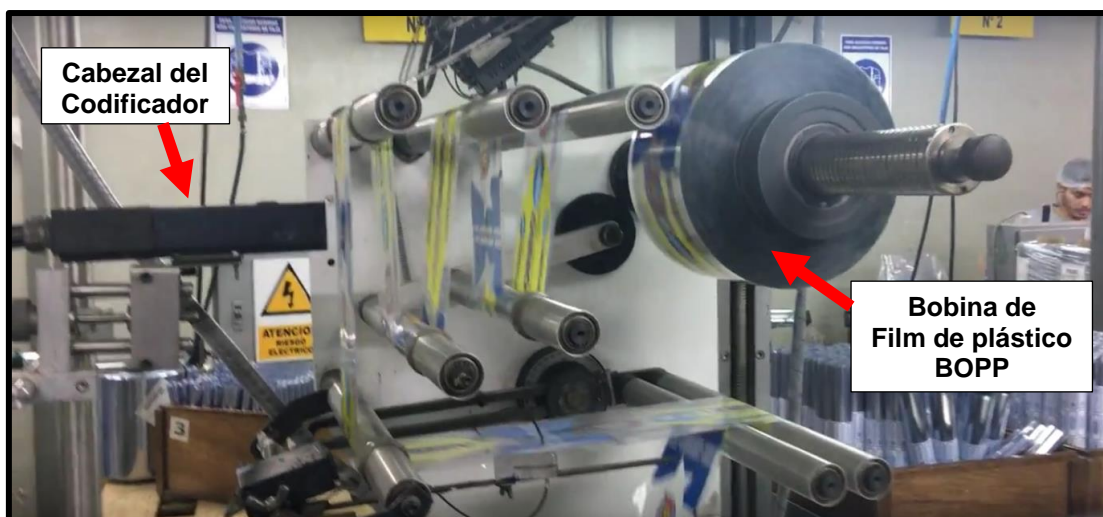


Figura 70. Impresión de los códigos promocionales.

Fuente: Propia.

Luego, se observó lo siguientes errores:

- Rotura del film de plástico BOPP: debido a la excesiva tensión entre los brazos de la empaquetadora Friprack como se muestra en la figura 71. Se procedió al ajuste de los resortes internos de los brazos osciladores llegando a solucionarse el problema.

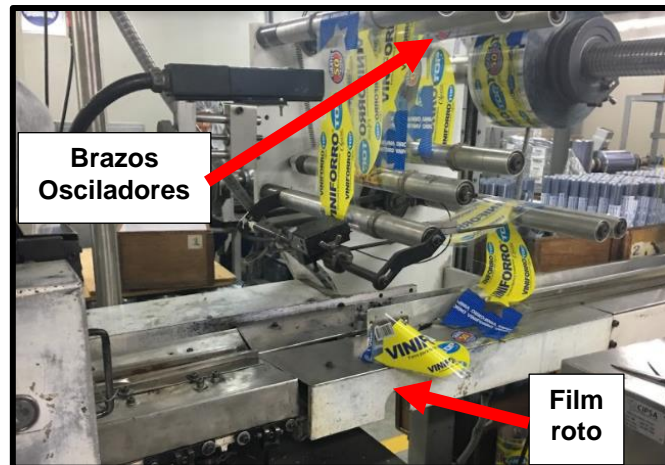


Figura 71. Rotura del film de plástico BOPP.

Fuente: Propia.

- Impresión no legible: a causa de obstrucción de la boquilla del codificador A300 como se observa en la figura 72. Se procedió a limpiar con el líquido de limpieza WL800 de la marca Domino.



Figura 72. Impresión no legible.

Fuente: Propia.

- Atascamiento del forro de plástico: debido a los tamaños no uniformes de los forros de plásticos como se muestra en la figura 73. Se procedió a mejorar el proceso de enrollado de forros de plástico.



Figura 73. Atascamiento de los forros de plástico.

Fuente: Propia.

- Desalineamiento vertical de la impresión: debido a la incorrecta posición del cabezal del codificador tal como se muestra en la figura 74. Se procedió a regular el cabezal hasta encontrar la posición idónea.



Figura 74. Desalineamiento vertical de la impresión.

Fuente: Propia.



- Desalineamiento horizontal de la impresión: debido al exceso del tiempo de retardo de la impresión tal como se muestra en la figura 75. Se procedió a configurar en el codificador un menor tiempo de retardo.



Figura 75. Desalineamiento horizontal de la impresión.

Fuente: Propia.

- Falta de etiqueta en el film de plástico: debido al no sensado de la taca de 15x5mm o al incorrecto funcionamiento del sensor fotoeléctrico del SAE tal como se muestra en la figura 76. Se procedió a verificar el correcto funcionamiento del sensor y a calibrarlo de acuerdo al tamaño y color de la taca.



Figura 76. Falta de Etiqueta Promocional.

Fuente: propia.

- Etiqueta promocional fuera de posición: debido al poco tiempo de retardo en la aplicación de la etiqueta tal como se muestra en la figura 77. Se procedió a colocar el valor correcto de retardo.



Figura 77. Desfase de Etiqueta Promocional.

Fuente: Propia.

## 4.2 Presupuesto.

El valor económico del proyecto sumó un total de 16,248 dólares americanos considerando todos los componentes y tecnologías de las marcas internacionales Domino Printing, Autolabe, Automation Direct, RHINO y EMX Industries tal como se muestra en la tabla 10.



Tabla 10. Presupuesto del proyecto.

N°	NOMBRE	DESCRIPCION	FABRICANTE	CANTIDAD	P. UNIT	P. TOTAL
1	Controlador Lógico Programable.	D0-05DR	Automation Direct	1	\$125.00	\$125.00
2	Panel HMI.	EA1-S3ML-N	Automation Direct	1	\$161.00	\$161.00
3	Módulo de entradas y rápidas.	H0-CTRIO2	Automation Direct	1	\$214.00	\$214.00
4	Power Supply	PSL-24-010	RHINO	1	\$28.00	\$28.00
6	Sensor fotoeléctrico.	B4FR	Autonics	2	\$110.00	\$220.00
7	Codificador inkjet.	A300	Domino Printing	1	\$8,500.00	\$8,500.00
8	Aplicador de etiqueta.	3101	AutoLabe	1	\$7,000.00	\$7,000.00
					<b>TOTAL</b>	<b>\$16,248.00</b>

Fuente: Propia.

### 4.3 Cronograma.

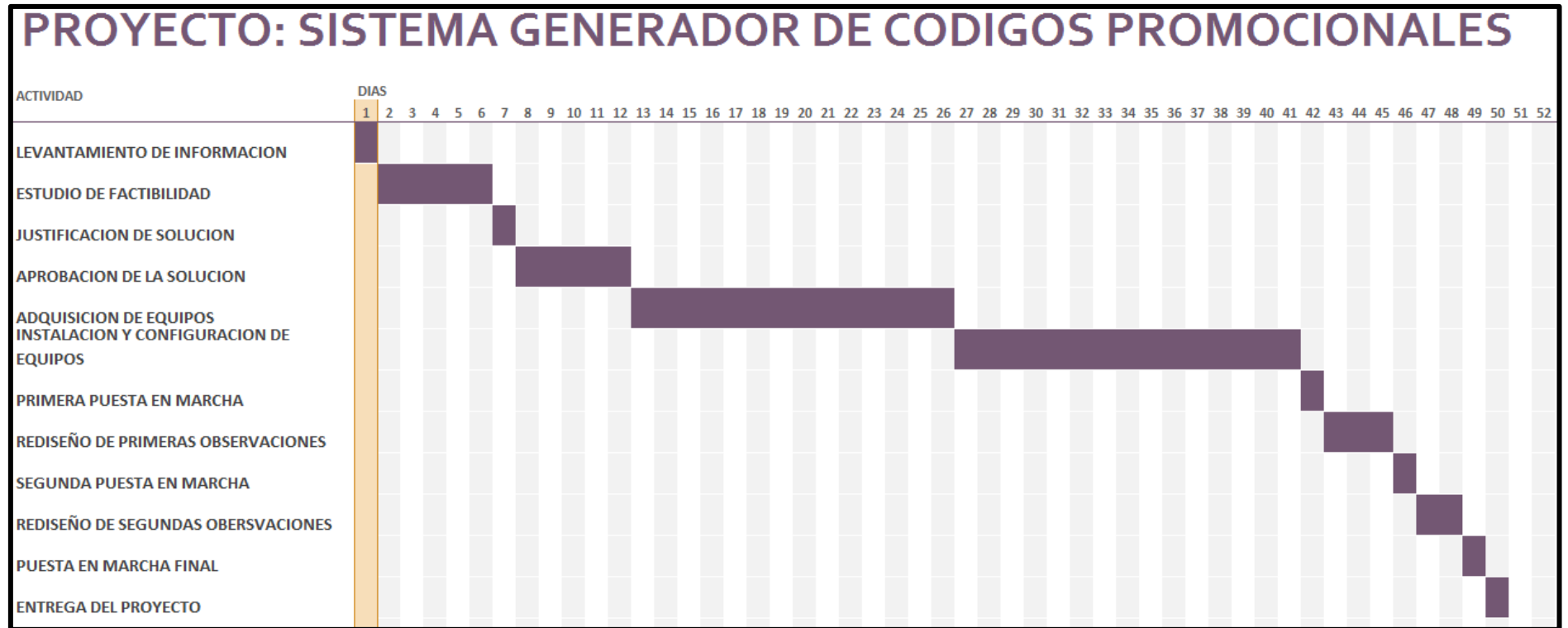


Figura 78. Cronograma en Diagrama Gantt.  
Fuente propia

## CONCLUSIONES

El presente informe tuvo como objetivo diseñar e implementar una solución para la generación de códigos promocionales que sirvan para las campañas de marketing de la empresa DSH. A partir de ello, se genera distintas conclusiones de tipo teórico, de diseño, de resultados y recomendaciones para investigaciones futuras:

1. Se ha logrado diseñar e implementar un sistema generador de códigos promocionales con tecnología inkjet, controlador lógico programable y aplicador de etiquetas en una empresa manufacturera peruana mediante la selección y cálculos de ingeniería ordenados.
2. Se seleccionó un codificador con tecnología inkjet que permite una codificación de bajo costo, versátil y estándar para este tipo de aplicaciones.
3. Se seleccionó un aplicador de etiquetas que permite la aplicación de las etiquetas promocionales en los forros de plástico a la velocidad y precisión de la producción requerida.
4. Se seleccionó y se programó un controlador lógico programable para el control de las cantidades de impresión de códigos promocionales, la integración de todos los componentes (SCO, SAE y Máquina Fripack) y la comunicación con una pantalla HMI.
5. Se seleccionó y se configuró un panel HMI para el ingreso de las cantidades de impresión de códigos promocionales por parte del operario y así también se pueda iniciar o detener la cuenta en cualquier momento.

6. Mediante la selección de la tinta IR845BK se logra obtener un alto índice de adherencia al sustrato logrando cumplir el requerimiento de ser resistente a las fricciones propias del proceso de empaclado.
7. Mediante el diseño de una lógica de secuencias de códigos promocionales se logra generar códigos promocionales menos predecibles y con nula probabilidad de repetición.
8. Todos los componentes del sistema se pueden adquirir en el mercado local o internacional y puede servir como base para replicarlo en otras empresas con aplicaciones similares.
9. Es posible que un controlador lógico programable pueda controlar más sistemas generadores de códigos promocionales (SCO, SAE y máquina Fripack). Sin embargo, para ellos sería necesario adquirir más módulos de señales rápidas.
10. Se recomienda enlazar el controlador lógico programable con una base de datos sí el número de códigos promocionales se eleva exponencialmente.
11. Se recomienda realizar un mantenimiento periódico al cabezal del sistema codificador inkjet porque es la parte más vulnerable de sufrir obstrucciones.
12. Se recomienda seleccionar e implementar una baliza luminosa de tres colores sí el número de sistemas de codificación inkjet aumenta. Esto con la finalidad de monitorizar sus estados de funcionamiento.

## GLOSARIO

**Impresión Inkjet:** son impresoras de inyección de tinta que funcionan expulsando gotas de tinta de diferentes tamaños sobre el papel.

**Aplicador de etiquetas:** son un tipo de sistema de codificación que permite una fijación precisa de etiquetas codificadas y eliminan la necesidad de un proceso de aplicación manual.

**Solventes:** son sustancias que actúan como medio para transferir tinta desde la impresora a la superficie y controla el tiempo de secado. Entre los solventes más comunes se tiene cetona, metil etil cetona (MEK), acetatos, glicol y alcohol.

**Tinta:** es un líquido que contiene varios pigmentos o colorantes utilizados para colorear una superficie con el fin de crear imágenes o textos.

**Aditivo:** son usados para promover el flujo y la adhesión, reducir la pegajosidad, provee estabilidad a la oxidación, reduce la espuma y plastifica la resina.

**PLC:** acrónimo de Controlador Lógico Programable. Es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos.

**BOPP:** acrónimo de polipropileno biorientado. Son capas de polipropileno fabricadas de tal forma que una cara sea de impresión brillante y la otra opaca.

**HMI:** acrónimo de Interfaz Humano Máquina. Es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Chavarría, Edwin (2011): "Estrategias promocionales para incrementar las ventas de una empresa panificadora en el municipio de San José Pinula". Tesis Pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Hecht, Jeff (1992): "The Laser Guidebook. Optical and Electro-optical Engineering Series". Second Edition. Mc Graw Hill.

Montoya, Rolando; Vásquez, Óscar (2005): "Actitud de los Consumidores frente a las Promociones de Venta: Un tipo de Segmentación Psicográfica". Tesis Pregrado. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Schneider, Linda; Currim, Imran (1991): "Consumer purchase behaviors associated with active and passive deal-proneness". International Journal of Research in Marketing, 8, 205-222. North-Holland.

Leach, R.H; Pierce, R.J (Ed.) (1993): "The Printing Ink Manual". Fifth Edition. Society of British Printing Ink Manufacturers Ltd, UK.

# ANEXOS